



EL COLEGIO DE SONORA

DOCTORADO EN CIENCIAS SOCIALES

Microeconomía Evolutiva en las redes del Sistema Regional de Innovación del estado de Sonora. Un modelo multiagente del caso de la industria aeroespacial, TIC y biotecnológica

Tesis presentada por

María del Socorro Arvizu Arvizu

Como requisito parcial para obtener el grado de
Doctora en Ciencias Sociales

Director de tesis: Dr. Álvaro Bracamonte Sierra

Hermosillo, Sonora
Agosto 2019

A mi padre Victor Arvizu Moreno

A mi madre Socorro Arvizu Valdéz

A mi esposo Jesús Alberto Ibarra

A mi hermano Victor Julián Arvizu

Agradecimientos

La elaboración de esta tesis no habría sido posible sin el apoyo de todos quienes forman parte del Colegio de Sonora, muy especialmente sus reconocidos académicos, quienes enriquecieron mi formación doctoral con sus invaluable enseñanzas. A la doctora Elizabeth Maier, mi eterno reconocimiento por expandir mis horizontes. Al doctor Álvaro Bracamonte Sierra, mi director, agradezco profundamente su confianza y paciencia infinita, especialmente durante las difíciles etapas de cierre de este trabajo.

A mis lectores, doctores Óscar Contreras Montellano y Jorge León, todo mi respeto y agradecimiento por su valiosa contribución y retroalimentación certera en cada una de las etapas del proceso de elaboración de esta tesis.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), gracias por facilitarme los medios económicos y como institución darme la oportunidad de formar parte del pequeño porcentaje de jóvenes mexicanos que estudian un doctorado con el objeto de contribuir al desarrollo de la ciencia en nuestro país.

A mi esposo y mi familia, gracias por siempre estar, aún cuando las dificultades eran grandes. Gracias también a mis amigos y compañeros, cuyo apoyo siempre hizo menos áspera la jornada. Finalmente, gracias a todos y cada uno de los investigadores que día a día hilvanan la ciencia social. Este trabajo descansa sobre sus hombros.

Índice

Introducción general	8
Capítulo I. El Análisis de Redes Sociales (ARS) en el marco de los Sistemas Regionales de Innovación (SRI).....	19
Introducción	19
1.1. Sistemas Regionales de Innovación	20
1.1.1. Antecedentes. El concepto de SRI.....	21
1.1.2. El problema de estudio de los Sistemas Regionales de Innovación en América Latina	30
1.1.3. Los Sistemas Sectoriales de Innovación.....	33
1.2. Análisis de Redes Sociales o Social Network Analysis (SNA)	37
1.2.1. Teoría de Redes Sociales	38
1.2.2. El momento de la complejidad y los Sistemas Adaptativos Complejos.....	47
1.2.3. Redes de Innovación. Nuevas aproximaciones de modelado y análisis	54
1.3. La dimensión perdida de la innovación, o la perspectiva interpretativa	56
1.3.1. Perspectivas analítica e interpretativa.....	58
1.3.2. La conversación.....	61
1.3.3. El espacio público. Instituciones formales e informales	62
Capítulo 2. Empresas de base tecnológica en Sonora: antecedentes, características y situación actual. El caso de la industria aeroespacial, TICs y biotecnológica	66
1. La industrialización sonorenses: de la agroindustria a la manufactura de exportación	68
1.1. Principales antecedentes: la industria en la primera mitad del siglo XX: minería y productos con poco valor agregado.....	68
1.2. La influencia del Modelo Sustitutivo de Importaciones en el desarrollo de la industria sonorenses.....	71

1.3. La industrialización de la frontera: la IME en Sonora y la gestación de una lógica productiva orientada a la exportación. El desplazamiento del sector agropecuario en la economía estatal.	76
2. El papel de la Ford Motor Company en la consolidación de la industria local	81
2.1 Los proveedores locales	86
3. La industria sonorenses en el siglo XXI: Características principales y evolución reciente	90
3.1. La industria de las TIC	93
3.2. El sector aeronáutico/aeroespacial	99
3.3. La industria biotecnológica	108
Conclusiones	112
Capítulo 3. Itinerario Metodológico: Una aproximación híbrida al estudio de la calidad de las redes y los fenómenos de emergencia y complejidad del SRI de Sonora.....	116
3.1. Análisis de Redes Sociales (ARS) y Sistemas Adaptativos Complejos (SAC)	118
3.1.2. Enfrentando la Complejidad.....	120
3.1.2.1. El modelo de simulación	128
3.2. Selección de Muestra y Población	132
3.2.1. Delimitación temporal y geográfica	135
3.3. Entrevistas exploratorias y Observación No Participante	136
3.4. Diseño del Instrumento de Investigación.....	139
3.5. Variables asociacionales de la red.....	139
3.6. Análisis de variables de innovación del SRI como un sistema complejo	142
3.6. Tomando el pulso de la Conversación	146
3.6.1. Escenarios de análisis conversacional/interpretativo	147
3.7. Fases de la Investigación.....	148
Conclusiones	150

Capítulo 4. Trabajo de campo. Experiencias, exploración y apuntes sobre los casos de la industria aeroespacial, TIC y biotecnológica.....	154
4.1. Los actores clave (nodos) y su entorno	156
4.1.1. Free Scale Networks y Territorios Informacionales.....	158
4.1.2. Concentradores (hubs) emergentes dentro de las IES	159
4.2. El rol gubernamental. Generación de espacios colaborativos para emprendedores	167
4.3. Espacios colaborativos emergentes e informales	172
4.3.1. La hermética industria aeroespacial	174
4.3.2. El caso TIC: Más integración, pero no suficiente	179
4.3.2.1. La conversación en el sector TIC	184
4.3.3. Industria biotecnológica: Escasa cooperación.....	191
4.4. Sociedad Civil: ¿La cuarta hélice?	198
4.4.1. Intervención para la creación de espacios de colaboración, difusión, transparencia	199
Conclusiones.....	201
Capítulo V. La calidad de las redes sectoriales dentro del SRI de Sonora con base en la aplicación de ARS (Análisis de Redes Sociales).....	205
5.1. Trazos básicos del SRI.....	206
5.2. Análisis de métricas	210
5.3. Clusterización.....	217
Conclusiones.....	223
Capítulo VI. Fenómenos de emergencia observables dentro de las redes sectoriales del SRI de Sonora con base en estudios de simulación basada en agentes.	226
6.1. ABM: Alcances y propiedades.....	228
6.1.1. Propiedades.....	229
6.1.2. Alcances del modelo.....	229
6.1.3. Selección del lenguaje	230

6.2. Construcción del modelo ABM.....	231
6.2.1. Modelo conceptual	232
6.2.2. Documentación	233
6.2.3. Implementación	235
6.2.4. Algoritmo.....	242
6.2.5. Resultados y Conclusiones	243
Conclusiones finales y Recomendaciones	248
Bibliografía	252
Anexo 1	259
Entrevista a Javier Bustamante Serrano, miembro fundador de GlobalMet (2013-2014).....	259
Anexo 2.....	265
Entrevista a Alejandro Bonillas, CEO de Humantu.....	265
Anexo 3.....	270
Entrevista a Axel Valdez, desarrollador en Nearsoft.....	270
Anexo 4.....	276
Entrevista a Carlos Lizárraga. Académico del departamento de Física de la Universidad de Sonora y consultor de Análisis Numérico para Tiempo Development.....	276
Anexo 5.....	284
Entrevista a Marco Gaxiola. División de autos autónomos y eléctricos de planta Ford (Michigan, SF).....	284
Anexo 6.....	293
Entrevista a Ricardo Alberto Rodríguez Carbajal, director de innovación de Sunbionics (energía solar/diseño y fabricación de estructuras mecánicas)	293
Anexo 7.....	299
Entrevista a Ramsés Galáz, CEO de Ziptek/Galaz Science & Engineering	299

Introducción general

La presente investigación se centra en las dinámicas de intercambio de conocimiento que ocurren dentro de las redes de las EBT¹ del Sistema Regional de Innovación, particularmente en los casos de tres sectores emergentes (TIC, biotecnológico y aeroespacial) que revisten especial interés dado el carácter intensivo que hacen de nuevo conocimiento y el dinamismo que en mayor o menor grado imprimen a la economía local.

La preocupación central y el objetivo de esta investigación es determinar de qué manera la calidad de dichas redes, o la conversación producida por los flujos de conocimiento que viajan a través de éstas, afecta la producción de nuevo conocimiento e innovación en los sectores mencionados.

Para ello, se recurre a la teoría de Análisis de Redes Sociales (ARS) o Social Network Analysis (SNA), misma que permite el modelado de conexiones entre los diversos nodos o agentes participantes en un fenómeno dado, lo que ofrece nuevas perspectivas de análisis de los Sistemas Regionales de Innovación (SRI), pues permite visualizar la conformación estructural, densidad de flujos de conocimiento, plasticidad y calidad de la red.

¹ Se denominan Empresas de Base Tecnológica (EBTs) aquéllas que basan su actividad en las aplicaciones de nuevos descubrimientos científicos o tecnológicos para la generación de nuevos productos, procesos o servicios. La importancia de estas empresas para potenciar el tejido tecnológico y el desarrollo económico, favorecer la creación de empleo de alta cualificación, aportando un alto valor añadido al entorno industrial ha hecho que las universidades y otras instituciones públicas de investigación les dediquen una creciente atención como auténticos motores en la transferencia de conocimiento. En muchos casos estas empresas han surgido desde las universidades y organismos públicos de I+D y se denominan generalmente “spin-off”. Son empresas caracterizadas por tener una fuerte base tecnológica y generalmente alta carga de innovación. Representan una vía muy importante para la transferencia de los resultados de investigación, un beneficio para la sociedad debido a la posibilidad de acceder a nuevos productos o servicios y favorecen la inserción de los jóvenes en el mundo laboral. Fuente: Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación. Universidad Complutense de Madrid.

A través de esta investigación se pretende modelar el entramado de agentes que intervienen y articulan el SSI (Sistema Sectorial de Innovación) de cada una de estas áreas, así como estudiar el comportamiento y características de los flujos de conocimiento que corren a través de las redes que operan dentro de dicho sistema, desde una perspectiva híbrida, es decir, analítica e interpretativa.

La motivación básica para la realización de la presente investigación se encuentra, por un lado, en la escasa disponibilidad de estudios sobre el Sistema Regional de Innovación, cuya existencia se limita a publicaciones que hacen un recuento e inventario de los componentes de la triple hélice (gobierno, empresa e instituciones académicas), sin profundizar en la manera en que están conectados y operan entre sí, y por otro, en la raquíta producción de patentes² en el estado de Sonora, comportamiento disfuncional una vez consideradas las altas puntuaciones que registra en los diversos indicadores clave en materia de CTI (Ciencia, Tecnología e Innovación) según el FCCyT.

La evidencia empírica sugiere que las patentes proporcionan una medida bastante confiable de la actividad innovadora (Acs, Anselin y Varga 2002, 1080). Las patentes son uno de los indicadores de CyT más importantes para la medición de la innovación. En particular el número de patentes concedidas en un país es una muestra de su dinamismo tecnológico. Asimismo la información contenida en los documentos de patente permite identificar las tendencias y la evolución de la

² Durante 2013, según información del IMPI (Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual), se presentaron 3,608 solicitudes de patentes, modelos de utilidad y diseños industriales, de los cuales Sonora aportó sólo el 1.05%. En 2012, la tasa de patentes otorgadas en Sonora fue de una por un millón de habitantes (FCCyT 2014). De enero a junio de 2015, en el estado se registraron 15 solicitudes de patente, 5 de diseños industriales y 2 modelos de utilidad (20 en total). De enero a junio de 2016, la cifra aumentó a 29 con 19 solicitudes de patente, 3 de diseño industrial y 7 modelos de utilidad. De acuerdo con The Global Innovation Index, 2016 el país ocupa el lugar 61 de 143 países, con un score de 34.56

actividad inventiva y, por lo tanto, ser un indicador de la orientación del progreso tecnológico de una economía (Manual de Oslo, 2006).

El diagnóstico del SRI para Sonora elaborado por el FCCyT (Foro Consultivo de Ciencia y Tecnología) ubica al estado en el lugar 22 en patentamiento, situación que considera una amenaza, lo que invita a reflexionar con urgencia en el sistema de innovación del estado y las causas posibles de este comportamiento disfuncional. Ya en 1974 Penrose (1974,3) advertía que era extraño que los economistas descuidaran el tema, “si se considera que el principal propósito de las patentes es económico: hacer escaso algo que de otra manera sería de propiedad pública, para así alentar a los inventores e innovadores, de modo que incurran en los costos y problemas de inventar e innovar”.

La innovación constituye un factor determinante para el desarrollo y la expansión económica de los sectores que nos ocupan, por lo que el estudio de los factores que influyen la generación de condiciones favorables para su aparición es fundamental. El crecimiento o declive de las regiones está estrechamente relacionado con la creatividad científica y tecnológica, así como con el desarrollo del capital social y humano en áreas susceptibles de generar innovaciones. Estos componentes operan dentro de un sistema de interacciones orgánicas que permiten el escalamiento tecnológico, en el cual las redes son clave.

En la presente investigación se parte del supuesto de que la conformación del SRI en la entidad es precario, con redes cuyos grados de clusterización, densidad y calidad de flujos de información son muy bajos, lo que podría explicar el hecho de que los procesos de innovación no se presentan

con la celeridad que la literatura especializada considera propias en las industrias con alta concentración de conocimiento.

En el plano local, el SRI de Sonora ha sido analizado utilizando el modelo de Buesa-Heijs, basado en el enfoque de Freeman y Lundvall (entorno regional de innovación, empresas innovadoras, actuaciones públicas vinculadas a la innovación e infraestructura de soporte a la innovación), esfuerzo centrado en la fase de caracterización por Flores y Vásquez Ruiz, quienes concluyen que se trata de un sistema que está en pleno proceso de construcción y es por tanto difícil de abordar.

Otro importante esfuerzo en la materia es el estudio sobre indicadores municipales de economía basada en el conocimiento para el estado de Sonora (Bracamonte 2010), así como el trabajo “Sistema de Innovación Regional en el Noroeste de México” (Bracamonte y Camargo 2008), donde se analizan los componentes y las potencialidades de conformación de un SRI en Sonora, Sinaloa y Baja California.

Con respecto al componente de vinculación, los autores señalan que las organizaciones relacionadas con las actividades de innovación tecnológica en Sonora sí tienen la capacidad para vincularse, pero de momento la colaboración es poca, debido a que los estímulos institucionales no son los mejores.

Aunque el estudio del SRI como tal ha sido abordado de manera muy escasa en el plano local, las diversas investigaciones sobre sus componentes (Valenzuela Básaca 2011, Sabori Sandoval 2010, Becerra Guerrero 2012, Valenzuela Gastélum 2013), ya sean los parques tecnológicos, el sistema

de patentes o la transferencia de conocimiento, o bien sobre los sectores de empresas de base tecnológica de interés para este estudio (aeroespacial, software, biotecnología), contribuyen a enriquecer el marco teórico referencial para su análisis en Sonora.

Así, ante la oportunidad de crear una nueva forma de desarrollo que potencie las capacidades regionales y las vocaciones eminentemente endógenas, es necesario prestar atención a las dimensiones ignoradas e ir más allá de la sola caracterización del SRI de Sonora. El estudio del andamiaje de interrelaciones, potencialidades, cohesión y calidad de las redes y los nodos que lo constituyen representa una contribución necesaria al debate sobre la necesidad de formular una estrategia regional encaminada al fortalecimiento de la vinculación entre los agentes económicos y la apertura de los canales de transferencia de conocimiento.

Lo anteriormente expuesto conduce a la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es el efecto de la calidad de las redes conformadas por los nodos que intervienen en el SRI de Sonora, cómo interactúan estos nodos o agentes, y cuáles son los resultados o fenómenos emergentes derivados de su funcionamiento como sistema, en términos de microeconomía evolutiva así como generación de innovación y nuevo conocimiento?

De la pregunta general se derivan cinco preguntas secundarias:

¿Cómo puede caracterizarse la calidad de la red conformada por los nodos que intervienen en los sectores estudiados del SRI de Sonora?

¿La calidad observable en la estructura y morfología de la red afecta de igual manera el desempeño de cada uno de los sectores estudiados?

¿Las métricas observables en las redes sectoriales corresponden a las reconocidas teóricamente como densas y altamente conectadas?

¿Es posible detectar la presencia de agrupamientos con alto potencial innovador en cada uno de los sectores?

¿Cómo puede medirse el potencial innovador de cada una de las subredes que componen el SRI?

El SRI tal y como opera actualmente en Sonora presenta algunos de los componentes teóricamente necesarios para su comportamiento funcional, pero la producción de innovación y nuevo conocimiento es baja. La explicación de este fenómeno se propone a través de la siguiente hipótesis:

H1 Los agentes involucrados dentro de los sectores investigados poseen (1) una baja inclinación asociacional y (2) poco interés en la participación en la conversación local dentro de sus sectores, lo que interfiere negativamente con su capacidad para la generación de innovaciones individuales o colectivas.

Así como las siguientes hipótesis secundarias:

H2 Los agentes involucrados tienen bajos niveles de confianza ante otros agentes locales, lo que afecta negativamente (1) el intercambio de conocimiento y (2) la investigación y el desarrollo (R&D colaborativo).

H3 La posición de la firma dentro del encadenamiento global y su anclaje territorial tiene una relación positiva con (1) el interés asociacional con organizaciones locales, y (2) la inclinación hacia la participación dentro de la conversación local.

De lo anterior se deriva el siguiente objetivo general:

Obtener métricas y observaciones que permitan determinar los niveles de inclinación asociacional de las organizaciones que intervienen en el SRI sonoreense, así como su nivel de participación en la conversación local, con el objetivo de generar un modelo que permita analizar el efecto de estas microestructuras o patrones de comportamiento en la producción de innovación a nivel macro.

Del cual se derivan los siguientes objetivos específicos:

1. Estudiar las microestructuras que generan patrones de comportamiento que inhiben o alientan la innovación a nivel macro.
2. Definir los actores relevantes dentro de la red del SRI en términos de intermediarios, *brokers*, y *gatekeepers*.

3. Analizar la morfología de la red con el fin de encontrar grupos de clusterización, identificar hoyos estructurales y proponer estrategias de intervención.
4. Analizar y exponer resultados del modelo de SMA (Sistema Multiagente), así como las implicaciones que podría tener para el futuro del SRI de Sonora dentro de los sectores estudiados.

En lo que respecta al aspecto metodológico, se trata de un análisis híbrido que busca por un lado caracterizar las redes del SRI de Sonora a través del ARS para detectar debilidades en su funcionamiento en lo que respecta a la cohesión interinstitucional, y por otro explorar la naturaleza de estas redes como un SAC (Sistema Adaptativo Complejo) mediante el uso de un modelo de SMA.

La justificación de la selección de los sectores productivos a analizar parte de la naturaleza de los mismos, por tratarse de áreas fuertemente dinámicas en materia de innovación en términos globales.

Otro criterio que influyó en su selección es el potencial que dichos sectores tienen para el estado. La industria aeroespacial no sólo está generando la conformación de un conglomerado incipiente especializado en la fabricación de turbinas, sino que está propiciando la preparación de mano de obra calificada en el área con la creación de nuevas ingenierías, carreras técnicas y especialidades.

Por su parte, la industria de las TIC conforma un ecosistema que aunque modesto aún, tiene a su disposición miles de profesionistas especializados en áreas afines –y miles en formación- al

desarrollo de software, electrónica, robótica, etcétera, provenientes de una ya larga tradición universitaria de instituciones como el Itson, la Unison, el ITESM y el ITH, entre otras.

El sector biotecnológico no se queda atrás en términos de capital humano especializado, a niveles quizá más avanzados incluso, y con una formación científica sólida cuyo desarrollo aún no permite trazarlo de manera tan clara como los anteriormente mencionados, pero que en vista del papel clave que el área está destinada a jugar durante el siglo XXI, constituye una fuerte área de oportunidad que poco a poco se va poblando de *startups*, mismas que se intersectan con otros sectores, como la medicina o la agricultura.

Dichos sectores se analizan a lo largo de cinco fases. En primer lugar, la fase de caracterización, o primera fase, que se construye a partir de entrevistas exploratorias, la aplicación de los modelos conceptuales SSI/SRI y la revisión de bases de datos disponibles del modelo operativo de SRI en la región. Durante esta fase se identifica a actores clave o nodos iniciales de las subredes.

La segunda fase consiste en la elaboración del instrumento de investigación que permite pasar a la tercera fase, consistente en la aplicación de un piloto del cuestionario, la aplicación al conjunto de la población y el modelado de las redes.

Una cuarta fase involucra el uso de ARS con el fin de establecer las métricas de los sectores estudiados y determinar las fortalezas y debilidades de sus vínculos. La quinta y última fase consiste en la aplicación de un modelo de SMA, lo que se espera contribuya a la comprensión de

las redes del SRI de Sonora como un SAC (Sistema Adaptativo Complejo), introduciendo conceptos de emergencia y explorando su naturaleza de evolución permanente.

La consecución de los objetivos planteados se pretende lograr presentado en un primer capítulo los aspectos teóricos concernientes a los Sistemas Regionales de Innovación, así como la teoría de Análisis de Redes Sociales, uno de los conceptos y herramientas básicas para la comprensión de sistemas complejos.

En este punto se discuten también aspectos centrales para comprender el comportamiento de los flujos de información conformados dentro de las redes de sectores emergentes, como la llamada dimensión perdida o interpretación versus la dimensión analítica (Lester y Piore 2004) y el intercambio de conocimiento dentro de instituciones formales e informales.

En el capítulo dos, correspondiente al marco contextual, se realiza un recorrido a través de la historia económica de la industria de base tecnológica en el estado de Sonora, con el objeto de revisar el génesis y evolución de los procesos históricos, económicos y demográficos dentro de los cuales se gestó la transición de una economía predominantemente minera y pecuaria a una industrial, en la que la IME (Industria Maquiladora de Exportación) y la llegada de Ford Motor Company tienen repercusiones para la economía local esenciales para la comprensión del proyecto contemporáneo de CTI (Ciencia, Tecnología e Innovación), fuertemente centrado en la industria y la inversión extranjera directa.

El capítulo tres aborda los aspectos metodológicos del estudio. En él se describen los aspectos generales de la metodología de muestreo, las redes de escala libre y el modelo de Beckenbach et al utilizado en Alemania para estudiar el SRI desde la óptica de los ABS (Agent Based Systems o Sistemas Basados en Agentes). Además se discuten cuestiones relativas a las variables de tipo asociacional, los cuestionarios de investigación y las herramientas computacionales empleadas en el transcurso de la investigación.

El capítulo cuatro aborda aspectos específicos encontrados durante la observación y trabajo de campo dentro de cada uno de los sectores explorados, especialmente en materia de aspectos colaborativos y espacios conversacionales, así como el papel emergente que comienza a jugar la sociedad civil en la generación de un Sistema Regional de Innovación.

Los capítulos cinco y seis refieren el análisis y los resultados de la aplicación de las metodologías ARS y ABS, respectivamente. En ellos se da cuenta del entramado de relaciones que fue posible detectar a partir de la aplicación del cuestionario de investigación, así como la naturaleza de éstas, y los resultados obtenidos al alimentar con información empírica regional la simulación del modelo multiagente. Finalmente, se incorporan las conclusiones y recomendaciones derivadas de esta disertación.

Capítulo I. El Análisis de Redes Sociales (ARS) en el marco de los Sistemas Regionales de Innovación (SRI)

Introducción

En función del objeto de estudio de esta tesis, que se concentra en la dinámica de las redes dentro de un SRI, ¿cómo analizar éste desde la perspectiva del ARS? Y aún más importante, ¿por qué es necesario hacerlo?

En términos sistémicos, se parte de la idea clave de la importancia central que tienen las redes dentro de lo que hoy llamamos “*The Network Society*” o la Sociedad en Red, descrita por Manuel Castells, en oposición a la cultura del *grid*. Es decir, de puntos concretos conectados dentro de un orden que involucra una entrada, un proceso y una salida determinada, se pasa a nodos interconectados de manera caótica y en estado de mutación constante.

Los sistemas pueden funcionar, pues, de dos maneras. Por tanto, un SRI, más que una caja negra a la que se inyectan insumos que atraviesan por un proceso determinado y producen salidas, debe analizarse bajo la lente de los sistemas en red, al tratarse de un sistema complejo, en el que todos los nodos están interconectados entre sí, y una nueva conexión y/o input puede alterar por completo el estado del sistema.

Este capítulo, dedicado al ARS en el marco de los Sistemas Regionales de Innovación, se organiza abordando este concepto en un primer apartado, en el cual se revisan los antecedentes históricos y la construcción teórica del mismo, así como algunos de los problemas de su aplicación en América

Latina. Enseguida se revisa la importancia de la integración del enfoque SSI (Sistemas Sectoriales de Innovación) en la investigación, como componente clave para comprender las particularidades de los sectores abordados.

En un segundo apartado se revisa el enfoque de Análisis de Redes Sociales o SNA (Social Network Analysis), recuperando sus principales aspectos teóricos, la relación que sostiene con los sistemas complejos o adaptativos, y las tendencias que marca la investigación hacia este rumbo.

Por último, en el apartado tercero se aborda la dimensión interpretativa de la innovación, concepto que tradicionalmente se analiza desde la perspectiva analítica, así como la importancia crucial de ésta para la innovación disruptiva, y el rol del espacio público como escenario para la emergencia de una conversación fecunda dentro de instituciones tanto formales como informales.

1.1. Sistemas Regionales de Innovación

En 2014, el país descendió seis posiciones para ocupar el lugar 61 de 144 países (WEF, 2014-2015) en el Reporte de Competitividad Global , mientras que en materia de innovación, ocupó el número 66 de 143 países (The Global Innovation Index 2014). En 2016, estas cifras cambiaron al lugar 57 dentro del Reporte de Competitividad Global, y 61 de 143 del GII, lo que representa un avance modesto.

Cómo se consigue y qué hay detrás de los procesos de innovación es el centro de incontables investigaciones, enfocadas en uno o varios de los distintos componentes que se considera

intervienen en el fenómeno. El enfoque de los SRI, que desglosa estos factores dentro de una esfera sistémica, representa un acercamiento conceptual útil para enfrentar el problema.

El establecimiento y formación de un SRI juega un rol estratégico en el desarrollo de capacidades endógenas de las regiones para innovar con el fin de crear ventajas competitivas, por lo que su comprensión es necesaria para la elaboración de políticas efectivas de innovación regional (D´Allura et al 2012, 142).

“La innovación se da con mayor facilidad en las economías donde el entramado institucional otorga incentivos a los agentes económicos para organizarse y colaborar entre ellos, compartiendo experiencias y aprendizajes adquiridos, que en las economías donde el paradigma económico sigue siendo el aislamiento y la competencia férrea (Molina y Hernández 2011, 9).

El futuro de los Sistemas Regionales de Innovación depende de qué tanto servirán para crear las sinergias correspondientes a las necesidades de formación del conocimiento tecnológico y ayudarán a la instauración de redes (Rózga 2003), en un contexto en el que la cohesión y calidad de estas redes está directamente relacionada con la capacidad de innovación y aprendizaje regional (Guadarrama 2010).

1.1.1. Antecedentes. El concepto de SRI

Los antecedentes históricos del concepto de Sistemas Regionales de Innovación los podemos buscar en los trabajos de Marshall (1932), donde la organización y conocimiento se consideran elementos centrales para la trayectoria evolutiva del capitalismo (Rózga 2003), e incluso se pueden

trazar hasta el concepto de sistema nacional de economía política propuesto por Friedrich List, en un libro originalmente publicado en 1841, y antecedente directo del sistema nacional de innovación³ como enfoque analítico (Contreras y Carrillo 2015).

Marshall describía agrupamientos de pequeñas firmas que juntas conformaban una comunidad industrial cuyos fundamentos técnicos y comerciales estaban “en el aire que se respiraba”. En la literatura reciente, el término se ha extendido a Silicon Valley, distritos de alta costura en Nueva York y París y regiones de Italia central especializadas en productos que van desde calzado de diseño y textiles hasta motocicletas. El conocimiento que circula de firma a firma tiene las propiedades de un lenguaje y evoluciona a través de una conversación (Lester y Piore 2004, 125).

Los principales mecanismos para transmitir el conocimiento y aprendizaje en los ambientes innovadores incluyen, entre otros: interrelaciones entre clientes y proveedores, y los productores y usuarios del equipo; los lazos colaborativos formales e informales y de otro tipo entre las firmas en los sectores particulares; la movilidad inter-firma en los mercados localizados de los trabajadores con grandes capacidades; y los emprendimientos empresariales (*spin-off*) de las firmas existentes, universidades y laboratorios de investigación del sector público para originar las nuevas firmas (Rózga 2003).

³ El enfoque del Sistema Nacional de Innovación desarrolla una teoría alternativa de la innovación que no se basa exclusivamente en relaciones de mercado regidas por el precio, sino en una compleja trama de aprendizaje interactivo entre agentes diversos, en la que el entorno institucional y el marco organizacional tienen un papel crucial. Las instituciones relevantes no se limitan a las organizaciones formales como universidades, centros de investigación y laboratorios, sino que incluyen a todas aquellas relacionadas con la difusión, absorción y uso de la innovación, así como a las normas, hábitos y reglas que moldean las interacciones entre los agentes (Contreras y Carrillo 2015, 5).

En los años ochenta y noventa se conjugaron diferentes nociones que conectaron la tecnología y las políticas del desarrollo regional. Éstas llevaron a una yuxtaposición de la industria de alta tecnología, el desarrollo de los parques científicos, el crecimiento de las redes de tecnología y las políticas regionales de innovación (íbid 235).

Gran parte de esta literatura se dirigía directamente o indirectamente al cambio del paradigma productivo del Fordismo al pos-Fordismo, identificando las nuevas formas de subcontratación, las relaciones cliente-proveedor, las relaciones entre las grandes corporaciones y firmas pequeñas dinámicas, y también entre estas últimas. Debido a que dichas relaciones ocurrían en un espacio geográfico dado, donde el apoyo de la infraestructura institucional para las empresas se ha canalizado a través de las iniciativas públicas y privadas, se ha usado la terminología de “clusters”. Finalmente, aparecen las evidencias de que la combinación de tales clusters, gobernabilidad innovadora, apoyo empresarial y arquitectura promocional dieron lugar al surgimiento del fenómeno de la “región Estado” económicamente poderoso que hizo atractivas a las regiones para las firmas globales (Cooke 2002, 236)

El concepto de “Sistema Regional de Innovación” fue difundido por primera vez en el año 1992 por Philip Cooke en un artículo publicado en la revista *Geoforum*, precisamente con el título “Regional innovation systems. Competitive regulation in the new Europe”⁴.

⁴ En Contreras y Carrillo (2015) destacan que, de acuerdo con Freeman (1987), un antecedente directo del enfoque de Sistema Nacional de Innovación es el concepto de sistema nacional de economía política propuesto por Friedrich List, en un libro originalmente publicado en 1841. Dicho autor, preocupado por la desventaja económica e industrial de Alemania frente a Gran Bretaña en el siglo XIX, propuso no solamente la protección de las industrias emergentes sino además una amplia gama de políticas dirigidas a promover el aprendizaje tecnológico y la acumulación de conocimiento como bases para la industrialización y el crecimiento económico.

Tanto las teorías utilizadas como bloques conceptuales como los diseños de análisis empíricos de dicho concepto presentan niveles significativos de heterogeneidad (D´Allura et al 2012, 140), y es que aunque los estudios de SRI buscan ser un área independiente de investigación, sus raíces intelectuales están dispersas, lo que lo convierte en un campo interdisciplinario heredero de las ciencias políticas, culturales, económicas y sociales (íbid, 150).

D´Allura et al considera que el trabajo de Cooke (1997) representa un puente entre paradigmas, que ayuda a comprender el concepto, su evolución y los lazos que se han formado entre las variadas tendencias de investigación, luego de identificar y clasificar según seis factores: Ciencia Regional, Economía de la Innovación, Incrustación Social, Geografía Económica Evolutiva, Conocimiento y Aprendizaje Organizacional, y Negocios Internacionales (íbid, 149) un conjunto de trabajos publicados entre 1999 y 2009.

Aunque no hay una definición aceptada universalmente, un SRI se concibe como un conjunto de intereses públicos y privados, instituciones formales y otras organizaciones que funcionan de acuerdo a arreglos institucionales y organizacionales que conducen a relaciones generadoras y difusoras de conocimiento (Doloreux 2003, 70).

Para Cooke, un SRI es “un sistema que comprende una estructura de producción dentro de una estructura institucional en la cual las firmas y otras organizaciones son sistemáticamente encausadas en un proceso interactivo de aprendizaje” (Cooke 1998).

También pueden definirse como “lugares en los que las comunicaciones cercanas inter firma, las estructuras sociales y el ambiente institucional podrían estimular social y territorialmente el aprendizaje colectivo y la innovación continua” (Asheim e Isaksen 2002, 9).

Es imposible abordar los SRI sin entrar en la discusión del concepto de región, que para efectos de este trabajo toma la definición de Cooke: “región es aquella descrita como un área geográfica definida y administrativamente soportada como red de innovación e instituciones que interactúan estrechamente con productos innovativos de las mismas firmas regionales” (Cooke 2001).

En la última década, la geografía económica ha retomado ideas de la economía evolutiva con el objeto de comprender procesos de crecimiento y cambio regional. El resultado de este cuerpo de investigación, en el que el concepto de “path dependance” adquiere especial prominencia, es que las tecnologías, formas de organización y hábitos de pensamiento continúan moldeando las prácticas y acciones de actores y organizaciones clave, por lo que las trayectorias de desarrollo regional exitosas dependen de un conjunto heredado de prácticas y relaciones dentro de regiones. En contraste, el declive regional puede, en algunos casos, explicarse por un “lock-in”, o la adherencia a métodos y prácticas pasados de moda en tanto las condiciones económicas externas cambian (MacKinnon et al 2007, 3).

Las consideraciones anteriores en torno al concepto de región se suman al de innovación, que el Manual de Oslo define como "la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo

método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores".

La medición de la innovación resulta especialmente compleja. El marco conceptual de la metodología utilizada por el GII (Global Innovation Index)⁵ para medir la innovación involucra dos subíndices, el de entrada y el de salida. Las mediciones dan cuenta del índice de innovación global, los subíndices de entrada y salida⁶ y la tasa de eficiencia de la innovación (GII 2014, 7).

Dentro de la corriente de estudio de los SRI que hace énfasis en la economía de la innovación, se encuentra el enfoque de los SSI (Sistemas Sectoriales de Innovación). Dentro de esta corriente destaca el trabajo de Lundvall, Freeman, Cooke et al, Ashok y Isakseen, y Malerba. Estos trabajos están enfocados en la idea de que la comprensión de los vínculos entre los actores involucrados en la innovación son la clave para mejorar el desempeño tecnológico (D'Allura 2012, 147).

Un análisis de las principales contribuciones de este grupo sugiere que la innovación y el progreso técnico son el resultado de un complejo conjunto de relaciones (un sistema) entre los actores que

⁵ Hay tres motivos que llevaron a la creación de este índice. El primero de ellos es que la innovación es importante para conducir a las economías al progreso económico y a la competitividad, tanto en países desarrollados como aquellos en vías de desarrollo. Por ello, muchos gobiernos están colocando a la innovación en el centro de sus estrategias de crecimiento. El segundo motivo es la conciencia social de la innovación, entendida ya no solo como I&D o artículos científicos, sino como un elemento transversal en la sociedad, que incluye tanto innovación para las empresas, como para la sociedad. El tercer motivo importante es que la innovación en los mercados emergentes es crítica para inspirar a las poblaciones, principalmente a las nuevas generaciones de emprendedores e innovadores. Fuente: FCCyT <http://www.foroconsultivo.org.mx/>

⁶ El subíndice de entrada contempla o está compuesto por las instituciones, el capital humano y de investigación, la infraestructura, la sofisticación del mercado y de los negocios, mientras que el subíndice de salida está conformado por la producción tecnológica, de conocimientos y creativa. Cada uno de estos pilares está dividido por tres componentes, que se componen a su vez de indicadores individuales, 81 en total.

producen, distribuyen y aplican distintos tipos de conocimiento (íbid). Así, el empleo conjunto de los conceptos de sistema, región e innovación conforman una rica herramienta de análisis para el estudio, al final, de procesos particulares de evolución dentro de una geografía económica.

Para efectos de la presente investigación, se toma como referencia la definición general empleada por Listerri y Pietrobelli (2011), en la que se plantea que “un SRI está integrado por varios subsistemas de actores implicados en un proceso de aprendizaje colectivo, así como por las vinculaciones existentes entre los agentes que componen esos sistemas”, así como la creada por Cooke, quien lo define como aquel entramado constituido por “subsistemas de generación y explotación de conocimiento que interactúan y se encuentran vinculados a otros sistemas regionales, nacionales y globales, para la comercialización de nuevo conocimiento” (Cooke, Ropeer y Wylie 2002).

En suma, un SRI está compuesto por cinco subsistemas:

Uno de esos subsistemas es responsable de la producción de conocimiento e incluye a las universidades y los demás centros públicos y privados de investigación; un segundo subsistema es el encargado de explotar ese conocimiento e integra la estructura de producción (fundamentalmente, las empresas); el tercero está compuesto por los agentes que apoyan la innovación, entre los cuales se encuentran los centros tecnológicos y las empresas de bienes de equipo y servicios avanzados; y un cuarto subsistema está conformado por aquellos agentes que financian las actividades de innovación. Sobre los

diferentes subsistemas actúan los organismos gubernamentales y las agencias de desarrollo que constituyen, a su vez, un quinto subsistema del SRI (Listerri y Pietrobelli 2011, 11).

Siguiendo a Listerri y Pietrobelli, los diferentes elementos deben estar vinculados entre sí e interactuar para propiciar las dinámicas de los procesos de innovación. Estos subsistemas, así como las relaciones y los vínculos entre ellos, se encuentran inmersos en un marco socioeconómico y cultural común al territorio o la región. Un último hecho diferencial del SRI es que no es posible comprenderlo como un ente aislado y autosuficiente; en cambio, el SRI debe ser concebido como un sistema abierto y ligado a otros sistemas de innovación.

Cooke considera dos dimensiones para analizar las características de cada sistema, por un lado, una que tiene que ver con los modos de transferencia de tecnología existentes en la región, que puede ser entendida como la dimensión de la gobernanza:

Bajo este primer criterio, es posible identificar SRI “enraizados”, con claras características locales y sin vínculos manifiestos de carácter nacional o internacional de sus agentes y sus políticas. Un segundo tipo dentro de esta dimensión está constituido por los denominados SRI “dirigidos”, en los cuales los procesos y las fuerzas que definen el sistema proceden del exterior del territorio concreto, por lo que el potencial de coordinación con otros sistemas es particularmente elevado. El último tipo contemplado en esta categoría lo conforman los denominados SRI en red, como forma intermedia que presenta características de los SRI enraizados y de los dirigidos, y que podría entenderse como el paradigma de los SRI (Cooke 1992, citado en Listerri y Pietrobelli 2011).

Una segunda dimensión marca el objetivo de las empresas de la región en relación con el alcance que desean dar a su actividad (local, interactivo, global):

En este segundo criterio, Cooke (1998) establece una distinción entre los SRI “localistas”, que están compuestos por escasas empresas de gran tamaño –locales o foráneas– y promueven pautas de investigación dirigidas principalmente a satisfacer los intereses locales, y los denominados SRI “globales”, que se caracterizan por la presencia de grandes corporaciones transnacionales que dominan y marcan el desarrollo de las empresas locales, lo cual provoca un claro direccionamiento de las pautas de investigación en función de los intereses de las corporaciones. Finalmente, se encuentran los SRI “interactivos”, en los cuales predomina un equilibrio entre las grandes corporaciones transnacionales y las pequeñas empresas locales, y también se constata un cierto equilibrio en lo relativo a las pautas de investigación de los agentes (ídem).

El enfoque de los Sistemas Regionales de Innovación está íntimamente relacionado con las teorías de redes y sistemas, y por ende el paradigma de Análisis de Redes Sociales o SNA (Social Network Analysis) es una poderosa herramienta para su estudio, que no ha sido lo suficientemente explotada.

Doloreux y Parto (2003) cuestionan la validez de las recomendaciones de políticas públicas en materia de innovación basadas en los análisis actuales de SRI, en virtud de que no exploran suficientemente las interacciones entre los actores en los Sistemas Regionales de Innovación, y

dejan de lado el contexto institucional en el que suceden. A pesar de que las redes son indudablemente una característica central del Sistema Regional de Innovación, la investigación al respecto suele ignorar la morfología de la red y en consecuencia, la retroalimentación entre los agentes y la red como un todo.

1.1.2. El problema de estudio de los Sistemas Regionales de Innovación en América Latina

"En América Latina (AL) se ha prestado escasa atención al concepto de Sistema Regional de Innovación (SRI). Dicho concepto se basa en la idea de que el proceso de innovación y aprendizaje es esencialmente "social" dado que implica la interacción de las empresas, las agencias de promoción de la innovación, y las instituciones académicas y los centros de investigación" (Listerri y Pietrobelli 2011, 6).

Asheim (2009) sostiene que un enfoque adecuado debe tener en cuenta un sistema que incluya todas las partes y los aspectos de la estructura económica y del marco institucional que afecten no sólo la investigación, sino también el aprendizaje. Según la perspectiva propuesta por Listerri y Pietrobelli, este es el enfoque que debe utilizarse para el estudio de los SRI en AL.

La vía para estudiar los SRI en América Latina es la operacional, dada la escasez de métricas disponibles, insuficientes para realizar estudios similares a los europeos o estadounidenses:

Si bien es cierto que en varios de estos países se ha recorrido un largo camino en cuanto al proceso de recolección y sistematización de la información, aún existen grandes lagunas

que hacen extremadamente complejo o directamente imposible analizar ciertos aspectos de los SRI sobre la base de lo que podría considerarse un marco conceptual común. En casos así es preciso ofrecer un marco conceptual más genérico, que no esté limitado por el tipo de información que resultaría más apropiada para describirlo y analizarlo. En definitiva, podría afirmarse que cobra más sentido plantear el estudio de estos SRI desde una óptica operacional, que permita describir el comportamiento que efectivamente se observa de los agentes, las instituciones y los demás elementos implicados en los procesos de generación de conocimiento, en los mecanismos de aprendizaje y producción de innovación, y en su posterior difusión y uso, así como en los mecanismos de gobernanza. En todo caso, resulta pertinente constatar la presencia (o la ausencia) de los citados elementos, aunque esto suponga fijar un cierto marco conceptual mínimo sobre la base del cual “operacionalizar” el estudio de los SRI (Listerri y Pietrobelli 2011, 15).

La carencia de información o la dificultad para acceder a datos sobre aspectos clave de los SRI (relativos a las interacciones entre los agentes, el tipo de gobernanza, el desempeño real de las instituciones, el tipo de innovación, etc.) obliga a emplear datos primarios o específicos, propios de un caso concreto, dificultando o impidiendo la posterior comparación de los resultados alcanzados en diversos estudios (ídem).

En este sentido, la opción de combinar métodos cualitativos –que mayoritariamente descansan sobre los casos de estudio– con métodos cuantitativos mediante la aplicación de técnicas econométricas se plantea como una alternativa que permite enriquecer el análisis y contribuye a consolidar las bases del marco conceptual de los SRI de América Latina.

En AL, la delimitación geográfica responde a la existencia de una mayor o menor descentralización de la política de la nación respecto de las regiones (tanto en lo que refiere a las competencias como a las fuentes de financiamiento), la cual determina que las autoridades regionales y locales puedan adquirir o no un papel más activo en la promoción y el fomento del desarrollo regional y, en particular, de la innovación.

Por otra parte, Listerri y Pietrobelli plantean una cuestión relativa a la medición de las actividades de innovación: ¿qué debe medirse, y con qué indicadores? Sobre este aspecto hay bastante literatura disponible en AL, y además existe una red iberoamericana dedicada al estudio de estas cuestiones: la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana (RICYT).

Sus aportaciones metodológicas sobre innovación han sido reunidas en el Manual de Bogotá (Jaramillo, Lugones y Salazar, 2001), que propone pautas para la normalización y la construcción de los indicadores de innovación tecnológica en AL. Este proceso ha sido impulsado recientemente mediante acciones promovidas por el BID, encargado de elaborar un compendio estadístico de los principales indicadores de CTI de AL (Banco Interamericano de Desarrollo, 2010) y de diseñar acciones para compatibilizar los criterios de elaboración de las encuestas sobre innovación a fin de que sus resultados resulten comparables.

En términos de la idea de sistema, Albuquerque (2002, citado por Listerri y Pietrobelli 2011, 20), caracteriza a los sistemas de innovación de los países en desarrollo, entre los que incluye a los

latinoamericanos, como inmaduros: según este autor, se trata de sistemas caracterizados por una infraestructura científica relativamente poco desarrollada, empresas autóctonas sin actividad tecnológica significativa, una participación importante de las empresas transnacionales en sectores clave de la economía y, por último, un fuerte desequilibrio en la localización de los recursos económicos y tecnológicos.

1.1.3. Los Sistemas Sectoriales de Innovación

La importancia de abordar el problema desde la perspectiva del SRI responde al hecho de que permite un análisis estructural, es decir, de todos los agentes que participan en el proceso de construcción de conocimiento dentro de una región particular, y la identificación de claroscuros en el entramado de sinergias y redes que lo conforman.

El análisis conjunto de dos conceptos como el de SRI y SSI (Sistemas Sectoriales de Innovación) puede ayudar a entender de mejor forma la dinámica de aprendizaje e innovación en los sectores en regiones específicas, al tomar en cuenta que el desarrollo e innovación de un sector dependerá de las condiciones innovativas de la región en la cual se lleva a cabo el proceso productivo (Guadarrama, 2010).

Guadarrama argumenta que es evidente que sectores y empresas de un mismo país pueden exhibir patrones de innovación distintos, aunque el territorio les imprima ciertas pautas comunes, lo que obliga a integrar en el análisis a los sistemas sectoriales de innovación.

Así, los sistemas sectoriales tienen una base de conocimiento, tecnologías, insumos y demanda, en los que los agentes son individuos y organizaciones a varios niveles de agregación, con procesos de aprendizaje específicos, competencias, estructura organizacional, creencias, objetivos y comportamientos.

La presente investigación⁷ descansa en el acoplamiento de los enfoques de análisis regional y sectorial de los Sistemas de Innovación, mismos que de manera conjunta ofrecen una mayor claridad al aproximarse a este complejo tema, que involucra una gran cantidad de variables.

Se considera que el enfoque sectorial es necesario porque permite el análisis diferenciado, dado que cada sector productivo (aeroespacial, software, biotecnológico, etcétera) posee distintas capacidades, enfrenta otros retos y se encuentra en una etapa diferente de evolución con respecto a los demás sectores analizados, además de conformar una configuración o estructura de red completamente diferente.

El enfoque de SRI (Sistema Regional de Innovación) permite hacer un análisis capaz de englobar bajo este modelo conceptual los sectores mencionados, con el fin de obtener una visión más amplia del modelo práctico con el que operan en conjunto y, con ayuda de la teoría de redes, detectar los vínculos intersectoriales y los nodos de enlace, así como las relaciones fuertes y débiles.

⁷ En virtud de que un Sistema Regional de Innovación está compuesto por un amplio número de sectores, la presente investigación se limita al análisis de tres SSI (Sistema Sectoriales de Innovación) esenciales para el desarrollo de la industria de punta en Sonora, dado que los patrones de interacción, las estrategias de vinculación y el comportamiento de cada sector presenta características específicas.

La aproximación a través de un enfoque sectorial en primera instancia permite observar con lupa y sin restricciones homogeneizadoras de un modelo de SRI el desenvolvimiento de un determinado sector y sus particularidades, su trayectoria en la región –que puede ser más larga o más corta que la de otros-, la capacidad interna de *networking*, las diferencias culturales, los procesos de invención e innovación y los principales métodos de fondeo y circulación de ideas.

El análisis sectorial es básico para la comprensión de los sectores abordados antes de enmarcarlos en un enfoque totalizador –como lo es el SRI-, puesto que una vez demarcadas las redes internas o intersectoriales, pueden comenzar a enmarcarse dentro de las externas o intersectoriales, si es que éstas existen. La determinación de la existencia y calidad de dichas redes y capacidades de *networking*, en virtud de su importancia para el correcto funcionamiento de un SRI, es parte fundamental de esta investigación. Es a través de dichas redes que debe fluir la conversación –materializada en transferencia de conocimiento explícito e implícito- que contribuirá a enriquecer las capacidades de innovación de la región.

Así pues, la discusión está enmarcada dentro del modelo asociacional para el desarrollo económico propuesto por Cooke (1998), una tercera vía entre la planeación de estado y la regulada por el mercado, en la que se correlacionan las altas capacidades de comunicación e interacción social, particularmente en las formas de confianza, capacidad de aprendizaje y competencias de *networking* con el éxito económico y social de una firma.

En tanto el proceso de innovación se vuelve incrementalmente colaborativo, este capital social puede ser decisivo para la obtención de resultados, dado que mucha de esta colaboración involucra

conocimiento tácito. Por tanto, la colaboración exitosa requiere de interacción personal y experiencias compartidas. El modelo tiene sus raíces en las ideas de Schumpeter, Veblen, Marx y Hayek⁸.

Ahora bien, junto con las perspectivas de Coleman y Putnam, el enfoque de las redes –cuyo principal expositor es Nan Lin-, constituye uno de los más difundidos sobre el capital social. Esta perspectiva ubica la organización en red como la organización social efectiva, asumiendo que los intereses son capaces de coordinarse naturalmente y generar equilibrios (Millán y Gordon 2004, 737).

Las principales premisas de este enfoque demarcan que (1) los individuos invierten en relaciones sociales con el fin de obtener retornos, y con este fin interactúan (2) la red es el lugar del intercambio y el mercado en el que ocurren las interacciones, (3) el capital social es concebido como un activo social generado por las interacciones entre actores y constituido por recursos de los que se carece, que otros poseen y a los que se puede acceder porque quien los posee desea ejercer influencia, (4) el capital social es social porque deriva de conexiones, pero no es un bien público o colectivo sino individual, (5) las redes delimitan la cantidad y distribución de recursos que pueden ser accesibles, y dan un marco para la ubicación y estabilidad de lazos que tiene cada individuo (íbid).

⁸ El argumento central del modelo asociacional es que la habilidad de una región para manejar diferentes retos (cambios en la demanda, competencia, globalización, etcétera) depende cada vez más de la capacidad de colaboración entre sus firmas, y la habilidad de los gobiernos regionales para soportar dicha colaboración. Los argumentos teóricos que soportan esta perspectiva se basan en las contribuciones de Schumpeter en el sentido de que el enfoque exclusivo en la firma es demasiado limitado, puesto que la comprensión apropiada de la innovación requiere el análisis de la interacción entre firmas, y entre las firmas y sus entornos.

En este contexto, el análisis a nivel sectorial primero e intersectorial después desde el enfoque de redes permite una aproximación plausible hacia la –siempre elusiva- cuantificación del capital social a través de la revisión de la estructura de la red, las posiciones de los nodos, la naturaleza homofílica o heterofílica de los procesos de interacción y los flujos de información conducidos a través de sus canales.

1.2. Análisis de Redes Sociales o Social Network Analysis (SNA)

El SNA ofrece un método formal para analizar la morfología de las redes y el impacto que tiene en su desempeño. La tesis básica del SNA es que el agente está incrustado en un ambiente social y está influenciado por él, al tiempo que está conectado a otros agentes (individuos u organizaciones).

Estas conexiones entre agentes son llamados lazos relacionales y los agentes "nodos". El enfoque principal del SNA yace en el análisis de la estructura de estos lazos, especialmente en el patrón y/o regularidades de estas estructuras (Wasserman y Faust 2007, 3). Además de la estructura, el SNA estudia los contenidos de los lazos que pueden ser, por ejemplo, información, conocimiento, recursos materiales, etcétera (Backenbach et al 2009).

Watts describe el surgimiento de la moderna teoría de redes como una evolución de los desarrollos teóricos de Leonard Euler que, desde el estudio de los objetos formales llamados grafos desde 1736, revolucionaron primero las matemáticas teóricas para luego proyectarse al conjunto de las ciencias sociales (Miceli 2006, 1).

La teoría de las redes es deudora de diferentes corrientes de pensamiento y teorías: antropológica, psicológica, sociológica y también matemática. Los años setenta marcan un gran momento de crecimiento de la teoría de redes. Durante esta década los científicos sociales se ven atraídos por un tipo de análisis que presenta aspectos de la estructura social que quedaban un tanto abstractos en otras perspectivas (Lozares 1996, 106).

Las Redes Sociales pueden definirse como un conjunto bien delimitado de actores -individuos, grupos, comunidades, sociedades globales, etcétera-, vinculados unos a otros a través de una relación o un conjunto de relaciones sociales (ídem, 108). El rasgo más característico de las redes sociales consiste en que requieren “conceptos, definiciones y procesos en los que las unidades sociales aparecen vinculadas unas a otras a través de diversas relaciones (Wasserman y Faust 1996, 6).

1.2.1. Teoría de Redes Sociales

En el marco del interés por comprender el comportamiento social del ser humano, el Análisis de Redes Sociales involucra al agente -la persona, el individuo-, dentro de un complejo entramado de lazos de relaciones. Nos interesa conocer su comportamiento dentro de este entramado, y para ello el SNA es una herramienta invaluable, puesto que se trata de un método que facilita hacer visible algo que a simple vista no se ve o no es evidente⁹.

⁹ Notas del taller ARSyCS (Análisis de Redes Sociales y Capital Social), dictado por el Dr. Alan Navarro en el Colegio de Sonora (Colson) durante marzo de 2015.

Las redes se comportan como un sistema adaptativo complejo (SAC) en el que las cosas emergen. En esencia, no hay forma de saber lo que va a pasar, puesto que se abandona la linealidad. En este sentido, el estudio de las relaciones es la siguiente frontera del conocimiento. Las redes no sólo producen efectos endógenos, sino que constriñen y habilitan identidades:

El enfoque de redes concibe la estructura social como pautas, modelos de relaciones específicas que ligan unidades sociales, incluyendo a los actores individuales y colectivos. Más allá del uso del concepto de red social como simple metáfora y como un puro instrumento de investigación, se trata de interpretar el comportamiento de los actores a la luz de sus posiciones variables dentro de la estructura social. Por dicha posición se ponen de manifiesto las constricciones de la estructura social sobre la acción individual y también las oportunidades diferenciales -conocidas como recursos sociales, como capital o soportes sociales- a las que tienen acceso los actores (Lozares 1996, 116).

El estudio de una red a nivel meso ofrece información empírica sistemática y de inmediatez espacial (proxemia) en la que uno de los mayores retos es la interpretación de los datos, a través de los que se pueden generar desde modelos de equilibrio o balance social hasta estudios de homofilia y distancia social.

La creación de una red de modo 1 implica la generación de una matriz de nodos o actores y sus correspondientes atributos, así como variables relacionales (lazos, ligas, vínculos). Por otra parte, una red de modo 2 está basada en características de afiliación.

Uno de los descubrimientos más significativos en este campo de estudio es que en un grafo aleatorio la conectividad aumenta dramáticamente al incorporar más nodos al componente central de una red. Tal conectividad no se desarrolla incrementalmente y de manera regular, sino que crece incontrolablemente después de que se ha sobrepasado determinado umbral (Miceli 2006, 2).

La nueva ciencia de las redes debe considerar además la dinámica o la evolución de las mismas. Las medidas tradicionales se despliegan alrededor del concepto de centralidad, pero son incapaces de ofrecer alguna explicación de la coordinación descentralizada y tampoco ofrecen una consideración de las innovaciones que se producen en la periferia de estas formaciones (ídem).

Podemos hablar de dinámica de la red (cómo se desarrolla su estructura) o de dinámica sobre la red, que es el producto generado por una red particular y más allá de su estructura. En las redes reales ambas dinámicas están fuertemente vinculadas (la red afecta la felicidad, pero la felicidad afecta la red). Pueden desarrollarse tres niveles de análisis: El egocéntrico (centrado en los actores), el nivel intermedio (relaciones de las unidades entre sí, de las unidades con parte de la red o con la red total), y el estructural, que es el que de mayor interés para esta investigación:

La referencia mayor y de más interés es el nivel de la estructura completa. Lo más pertinente es comparar entre sí estructuras completas sociales (de trabajo, grupos, organizacionales, comunidades). Requiere datos completos de redes sobre los lazos sociales que vinculan los elementos de una población o una población con otra. La enumeración completa de la población relacionable es esencial para las técnicas analíticas

que usen información sobre lazos indirectos o los compuestos que ligan a los actores (Lozares 1996, 115).

Otra manera de comprender los dos grandes enfoques del análisis de redes sociales es hacerlo desde la perspectiva relacional y la individualista-atributiva. No son excluyentes, porque muchos aspectos del comportamiento social pueden tratarse de ambas maneras, relacional y atributivamente.

La diferencia fundamental entre explicaciones dentro de la teoría de redes sociales y otras perspectivas consiste en la inclusión de conceptos y de información sobre las relaciones entre unidades, siendo dicha relación la unidad de análisis fundamental. En la visión atributiva y atomista los atributos observados de los actores, variables, se entienden en términos de pautas o estructuras entre unidades. En la visión relacional los atributos son secundarios, las relaciones, primarias (Lozares 1996, 111).

El análisis de redes desarrolla un nivel descriptivo de explicación de los fenómenos sociales proporcionando un vocabulario y un conjunto de definiciones formales para expresar conceptos teóricos y propiedades, pero también puede ser usado para validar y evaluar teorías sobre los procesos relacionales y estructurales. Tales teorías proponen resultados específicos estructurales que pueden ser contrastados con los datos observados (Wasserman y Faust 1994, 5).

Dado un conjunto de actores, el análisis de redes sociales trata las variables estructurales medidas sobre los actores considerados como tal conjunto. Precisamente define la estructura relacional de

un grupo o de un sistema más amplio como las pautas, o la pauta, de relaciones del conjunto de actores del grupo. Los analistas de redes sociales estudian los modelos de estas relaciones para dar cuenta de la estructura del grupo. De esta forma se puede estudiar el impacto o la influencia de la estructura sobre el funcionamiento del grupo y/o sobre los individuos (ídem, 9).

Lozares afirma que para Wellman, el estructuralismo de las redes sociales es diferente de otros estructuralismos, ya que se focaliza sobre las relaciones sociales concretas entre actores sociales específicos y porque pone de relieve el intercambio que lo aproxima más a los input-output económicos y a la física cuántica que al estructuralismo de Levi-Strauss:

[...] el análisis de redes se alimenta de una serie de consideraciones básicas, que llama paradigmas, las cuales proporcionan la unicidad intelectual del análisis: 1) la idea de que los comportamientos de las unidades (individuos, grupos, etcétera) han de ser interpretados más bien en términos de construcciones estructurales sobre la actividad de dichas unidades que en términos de fuerzas internas existentes dentro de las unidades; 2) que los análisis no se han de hacer tanto a través de clasificación de unidades por sus atributos sino más bien a partir de las relaciones que mantienen; 3) que son precisamente las relaciones pautadas las que afectan a los comportamientos de los miembros de las redes traduciéndose en que las poblaciones y las muestras se han de definir relacionamente; 4) que los métodos categoriales de descripción y análisis atributivos han de ser reemplazados por métodos relacionales; 5) que la estructura puede también ser considerada como una red de redes pudiendo a su vez ser, o no, subdividida más discretamente sin asumir así la impenetrabilidad de los grupos; 6) que los métodos analíticos han de usar directamente la

naturaleza relacional y las relaciones pautadas de las estructuras sociales como unidades de análisis (Lozares 1996, 117).

Existen diversos métodos de análisis, de ahí la riqueza que supone la utilización de las redes para el tratamiento de los datos relacionales. Las dos perspectivas que han creado escuela dentro de las redes sociales son la relacional y la posicional, donde los métodos relacionales se basan en conexiones directas e indirectas con enfoque micro en la cohesión, mientras que las posicionales se concentran en el análisis macro, en particular en la descripción de estructuras sociales globales. En la perspectiva posicional la semejanza entre conductas se debe a la equivalencia estructural.

Los fenómenos inherentes a las redes sociales, y por tanto objeto también de análisis, son fundamentalmente tres: los límites de las redes, los lazos y los comportamientos. Los principios que corresponden a los modelos y a los criterios para el análisis de estos fenómenos son, además de los de la cohesión y equivalencia estructural, otros como prominencia, rango y corretaje.

Estos principios definen los diferentes tipos de interpretaciones que se pueden dar de los fenómenos sociales a partir de las redes sociales. Cada principio implica una intuición estructural, un motor implícito dentro del comportamiento y creencias y un modelo teórico que agregan relaciones observadas en imágenes estructurales.

Cuadro 1. Principios para el análisis de los fenómenos de redes sociales

Cohesión	La intuición estructural que alimenta este principio consiste en que los actores similares lo son en la medida en que están vinculados
----------	--

	<p>por relaciones entre ellos. Dichas relaciones son además responsables de los procesos de socialización por interacción y por ello de la similitud de creencias y tendencias de comportamiento. La fuerza causal de los comportamientos se basa precisamente en la intensidad de los lazos de comunicación. Es un principio que marca también las fronteras del grupo.</p>
Principio de equivalencia	<p>La intuición estructural que está en la base de este principio es que actores equivalentes son los que poseen pautas de relación semejantes a los de su misma posición con relación a otros actores. El modelo define los límites sociales posiciones distintas y origina creencias y tendencias de comportamiento homogéneas entre actores equivalentes. La fuerza causal está vinculada al rol jugado por la posición dentro del armazón de referencia compartido.</p>
Principio de prominencia	<p>El principio de prominencia sitúa a los individuos sobre un eje vertical a manera del organigrama de una organización: los líderes arriba, los dirigidos abajo. Se invoca el mecanismo causal en la medida en que un individuo es el objeto de las relaciones de muchos otros. Este principio supone la “utilización” de otros por parte del líder de la red a fin de impulsarlos a que lleven a cabo sus deseos u órdenes.</p>
Principio de rango	<p>El principio de rango se aplica de una manera simple como es la suma de las relaciones que posee un actor: más relaciones se poseen, más acceso se tiene a los recursos sociales. Pero se pueden encontrar modelos más sofisticados como los vínculos de puente. Las relaciones de puente son un importante recurso social. La fuerza causal se encuentra precisamente en esta posibilidad de acceso relacional para evaluar y utilizar recursos.</p>
Principio de intermediario (brocker)	<p>Bajo este principio, un actor individual tiene la libertad de seguir o perseguir sus propios</p>

	intereses en la medida en que sus relaciones conecten con gente que está desorganizada, pudiendo contraponer unos contra otros, librándose él, de esta manera, de dichas constricciones. La fuerza causal reposa en el contacto que se mantiene con los otros que están desorganizados.
--	---

Fuente: La Teoría de Redes Sociales (Lozares, 1996).

Los conceptos fundamentales en el análisis de las redes sociales, siguiendo a Wasserman y Faust (1994, 17-20), son los actores sociales, los lazos relacionales, la díada (relación específica entre dos actores), tríada (conjunto de tres actores y sus relaciones), subgrupo y grupos.

La aproximación de las redes, como muchos otros métodos en sociología, es un procedimiento de análisis formal, evidentemente sobre una base sustantiva de relaciones. Se recoge la información, se transforma en dato, se trata formalmente y se interpreta sustantivamente. Ambas caras, forma y contenido, son indisociables en el análisis de redes (Lozares 1996, 48):

El contenido es la materia, la sustancia relacional (afecto, información, dinero, etcétera), que fluye a través de las unidades por medio de las relaciones que se dan entre ellas a partir del intercambio de dicho contenido. Constituye la materialidad sociológica de la relación. Implica, y es lo que interesa, un tipo de comportamiento o acción, e incluso percepción de tal relación, entre dos unidades [...] Las relaciones pueden ser formales en el sentido de institucionales, regladas, o informales; permanentes o pasajeras, en proceso o consumadas; direccionales o no; superficiales o profundas; conscientes o inconscientes. Todo dependerá de la naturaleza del problema analizado. Aunque las relaciones pueden ser muy diversas y múltiples, el análisis se puede focalizar solamente sobre una o alguna de estas relaciones.

Por forma de red se entienden la expresión abstracta de la relación y las propiedades de la configuración global de alguna de las partes, es decir, lo que se suele describir como pautas, modelo o estructura de la red (ídem, 110).

Una precisa definición conceptual de la relación y su correspondiente expresión formal están en la base de la posibilidad que las redes tienen de modelizar las relaciones y validar los modelos correspondientes. Wasserman y Faust citan a Leinhardt: “No es posible construir teorías explicativas efectivas usando metáforas”.

La idea central del análisis de redes reside en el supuesto de que lo que la gente siente, piensa y hace tiene su origen y se manifiesta en las pautas de las relaciones situacionales que se dan entre actores, oponiéndose así a la idea de que los atributos o las características de los actores individuales están en la base o son causa de los comportamientos, y por tanto, de la estructura social (Lozares 1996, 110).

Son las relaciones, los vínculos que mantienen unidos a los actores, los que establecen las estructuras en cuyas posiciones se sitúan las unidades. Por consiguiente, la explicación de los comportamientos requiere un análisis de cómo los actores están conectados unos a otros en las diversas situaciones en las que son observados. El análisis de redes no es más que un conjunto conceptual y de métodos descriptivos, estructurales y predictivos para conseguirlo (ídem).

Independientemente de las diferencias que puedan darse entre los distintos analistas, algunas ideas o principios centrales en la teoría de redes sociales son (1) los actores y sus acciones son

contemplados como interdependientes y no como dependientes o unidades autónomas, (2) los lazos relacionales entre los actores sirven como canal de transferencia de recursos, tanto materiales como no materiales, (3) los modelos contemplan las estructuras de relaciones como entornos que o bien proporcionan oportunidades o bien coaccionan la acción individual y (4) los modelos de redes identifican la estructura social, económica, política, etcétera, como pautas constantes de relaciones entre actores.

Los tipos de datos pertinentes para las redes serán, por consiguiente, los relacionales y no precisamente los datos atributivos como actitudes, opiniones o variables de hecho, aunque también pueden ser utilizados. Los datos relacionales, o variables estructurales, pueden obtenerse también por cuestionarios, documentos, archivos, por la observación o también por otros métodos etnográficos (Lozares 1996, 113).

El lenguaje formal utilizado para la representación de las redes es el de la teoría de grafos, que ha suministrado no sólo una forma de visualización sino conceptos y teoremas para muchos de los indicadores usados en las redes sociales. Sin embargo, la teoría de grafos no es la única expresión formalizada para modelar las redes. La teoría matricial y de los espacios vectoriales, así como la teoría estadística, han sido importantes para la validación de hipótesis sobre tendencias estructurales (ídem, 114).

1.2.2. El momento de la complejidad y los Sistemas Adaptativos Complejos

Como se mencionó en el apartado anterior, el estructuralismo de las redes sociales es diferente de otros estructuralismos, ya que se focaliza sobre las relaciones sociales concretas entre actores sociales específicos y porque pone de relieve el intercambio que lo aproxima más a los input-output económicos y a la física cuántica que al estructuralismo de Levi-Strauss.

Cada uno de estos actores sociales específicos o nodos opera como un agente dentro de una red que a su vez forma parte de otra red, y esta red de otra, cuyas múltiples conexiones (redes sociales concretas) transportan consigo toda clase de bienes de intercambio, apareciendo y desapareciendo constantemente alcanzando niveles de complejidad que producen comportamientos emergentes e impredecibles (sistemas económicos como la bolsa de valores, por ejemplo, son considerados SAC).

Conforme se añaden nodos y más nodos (o agentes) con distintos atributos y tipos de relación a la red y se considera su naturaleza dinámica, la capacidad explicativa de las métricas tradicionales de ARS se ve limitada, por lo que se vuelve necesario dirigir la mirada hacia el enfoque de los SAC (Sistemas Adaptativos Complejos), cuya definición esencialmente es la de un conjunto amplio de entidades que interactúan, intercambian información, se adaptan y (posiblemente) aprenden (Holland, Mitchell 2009). Puede ser una colmena, un sistema inmune, o en el caso que nos ocupa, un grupo social.

El trabajo de Mark C. Taylor (2003) analiza desde una dimensión cultural y social las grandes fuerzas que mueven el fenómeno de la complejidad, proveyendo marcos de referencia para

comprender una ola de conceptos cuyo estudio como disciplina científica data de apenas unas décadas, y se ubica dentro de las fronteras del conocimiento.

En el marco de las grandes complejidades de nuestro tiempo, señala que es importante comprender la información de la manera más inclusiva posible. Una noción expandida del concepto hace necesario reconfigurar la relación entre la naturaleza y la cultura de manera que ninguna se reduce a la otra, sino que ambas emergen y coevolucionan en intrincadas interrelaciones (Taylor 2003).

Mientras los ciclos de retroalimentación se vuelven más complejos y el cambio se acelera, el desarrollo se aproxima al momento de complejidad, el “*tipping point*”, en el que *more is different*. Lo que emerge en este momento es una nueva *network culture* cuya dinámica y estructura apenas comenzamos a vislumbrar.

La teoría de la complejidad nos habla del cambio discontinuo y las dinámicas de los sistemas no lineales, pero explora la actividad de los sistemas “lejos del equilibrio” o “al borde del caos”. De acuerdo con los teóricos de la complejidad, todo cambio significativo ocurre entre demasiado y demasiado poco orden.

Cuando hay demasiado orden, los sistemas se congelan y no pueden funcionar. Lejos del equilibrio, los sistemas cambian de manera sorpresiva pero no necesariamente aleatoria. La mayoría de los teóricos de la catástrofe, caos y complejidad concurren en la importancia de no restringir la investigación a los fenómenos naturales, y animan a extenderlos a los campos sociales, políticos, económicos y culturales.

Taylor (2003) explica la transición de los sistemas *grid* o cuadrículas a los sistemas en red (*grid to network*) en este marco:

En momentos clave a través de la historia, la innovación tecnológica desencadena transformaciones sociales y culturales masivas. Acontecimientos aparentemente no relacionados, que se han ido desarrollando por años, de repente convergen para crear cambios tan disruptivos como creativos. Actualmente estamos viviendo en un momento de extraordinaria complejidad en el que los sistemas y estructuras que por mucho tiempo han organizado a la sociedad están cambiando a un ritmo sin precedentes. Cambios tan rápidos y pervasivos crean la necesidad de desarrollar nuevas formas de entender el mundo e interpretar nuestra experiencia.

Aunque los momentos de transformación radical nunca pueden ser definidos con precisión, el autor sostiene que la caída del muro de Berlín en 1989 marcó el punto de inflexión de una sociedad industrial a una de la información. Con el triunfo ostensible del capitalismo multinacional, informacional o digital, los muros que alguna vez parecieron seguros se volvieron permeables y permitieron el paso de diversos flujos para convertirse en globales. Lo que está emergiendo del influjo de estos flujos es una cultura de red, o *network culture*.

Aunque su formación queda marcada en 1989, este momento de transición había estado emergiendo por casi medio siglo. Durante la posguerra, las organizaciones industriales comenzaron a cambiar de maneras no inmediatamente obvias. Estos cambios fueron generados

por nuevas tecnologías de información y telecomunicaciones. Para finales de los sesenta, la disponibilidad de múltiples redes de medios creó un mundo que algunos comenzaron a etiquetar como “posmoderno”.

Todos estos fenómenos llegaron a un punto de inflexión en los noventa, cuando las tecnologías de comunicaciones e información electrónica se volvieron mucho más sofisticadas y su impacto social, económico, político y cultural, más significativo (Taylor 2003, 20).

Esta trayectoria sugiere, siguiendo a Taylor, que el momento de complejidad puede comprenderse en términos de la transición de un mundo estructurado por *grids* a un mundo organizado en red. De lineal a no lineal.

Durante los setenta y ochenta, el rápido cambio tecnológico combinado con la privatización y desregulación de grandes industrias creó las condiciones para la emergencia de un nuevo orden político y económico. El columnista del New York Times, Thomas Friedman, argumenta que en los noventa emergió un nuevo sistema internacional, que reemplazó el sistema de la guerra fría que había gobernado al mundo por medio siglo. La globalización, explica:

[...] tiene sus propias tecnologías definitorias: computarización, miniaturización, digitalización, comunicaciones satelitales, fibra óptica e internet. Y estas tecnologías ayudaron a crear la perspectiva definitoria de la globalización. Si la perspectiva definitoria de la guerra fría fue “división”, la perspectiva definitoria de la globalización es “integración”. El símbolo de la guerra fría fue el muro, que dividía a todo el mundo. El

símbolo de la globalización es la World Wide Web, que une a todo el mundo (Friedman, citado por Taylor).

Estos procesos de globalización están creando una nueva cultura de red cuya dinámica y lógica compleja apenas comenzamos a comprender. Los muros ya no ofrecen protección para la proliferación de redes, éstas crecen, los muros colapsan y todo comienza a cambiar. La idea de orden y control desaparece para dar paso a las telarañas que ligan y relacionan, incorporando a todo el mundo en conexiones múltiples, mutantes y mutuamente definitorias en las que nadie tiene un verdadero control.

En tanto las conexiones proliferan, el cambio se acelera, llevando todo al borde del caos. Éste es el momento de complejidad, un fenómeno emergente y marginal al mismo tiempo (Taylor 2003, 23). Aunque a menudo se representa como un simple punto, el momento de emergencia es inherentemente complejo. Sus límites no pueden establecerse con firmeza, pues siempre están cambiando de maneras que lo hacen fluido. Este es el dominio intermedio que la teoría de la complejidad intenta comprender.

La teoría del caos se creó para corregir los sistemas cerrados y lineales de la física newtoniana. Mientras que ésta imagina un mundo abstracto gobernado por leyes, en el mundo real las cosas nunca son transparentes porque la información necesaria para establecer leyes y comprender su operación siempre es inaccesible.

En este contexto, destacan dos cosas: (1) los sistemas finitos no son cerrados, sino abiertos y por lo tanto incompletos y (2) algunos sistemas involucran relaciones recursivas y no pueden ser comprendidos en términos de modelos lineales de causalidad. En muchos sistemas abiertos, recursivos, es imposible medir las condiciones iniciales con suficiente precisión para determinar relaciones causales con exactitud más allá de un período muy limitado de tiempo. La impredecibilidad, por tanto, es inevitable (Taylor 2003, 24).

A diferencia de las relaciones lineales, en las que causas y efectos son proporcionales, en los sistemas recursivos, los complejos ciclos de retroalimentación generan causas que tienen efectos desproporcionados. Entre el orden y el caos, el momento de complejidad es el punto en el que emergen los sistemas *self-organized* para crear nuevos patrones de coherencia y estructuras de relación.

Tomada de la física, la transición de fase sirve como metáfora para explicar los sistemas adaptativos complejos (SAC), en los que las redes, que operan al borde del caos, entre el orden y la sorpresa, parecen ser más capaces de coordinar actividades complejas, así como de evolucionar. Aunque la investigación sobre SAC nace en el campo de la biología, con Kauffman, su análisis puede extenderse a las dimensiones sociales y culturales, como también lo ha planteado Holland.

Para que los SAC se mantengan a sí mismos, deben mantenerse abiertos al ambiente y cambiar cuando las condiciones lo requieran. Por tanto, los SAC inevitablemente evolucionan, o co-evolucionan. Flexible, se adapta a las circunstancias, y constituye un todo que es más que la suma de sus partes.

En este sentido, un sistema que funciona en red –la estructura organizacional imperante-, es por definición un Sistema Adaptativo Complejo, y un SRI tendría que serlo también. El reto es determinar si (1) el SRI opera con la estructura de una red y (2) si es así, cuál es esta estructura en términos de posiciones (y relevancia) de los nodos, densidad de las interacciones, plasticidad e intercambio de flujos de información y (3) cómo afecta o influye esta configuración de red fuerte, red débil o red nula en materia de actividad innovadora a nivel regional.

1.2.3. Redes de Innovación. Nuevas aproximaciones de modelado y análisis

En Beckenbach et al (2009) encontramos un ejemplo que adopta el enfoque de los SAC y se vale del SNA (Social Network Analysis) y una SMA para analizar las redes de innovación. Su texto “Evolution and Dynamics of Networks in Regional Innovation Systems (RIS)” muestra los fundamentos del comportamiento de las redes locales de innovación incrustadas en los SRI.

Su investigación muestra que las redes de hecho forman la columna vertebral del Sistema Regional de Innovación.

Si los procesos de interacción -la esencia de las redes, como se ha visto-, se modelan como intercambio de conocimiento, entonces las redes de las firmas y sus estructuras pueden ser comprendidos como matrices adyacentes cambiantes en el tiempo. Esto lo muestran Díaz-Guilera y Sergio Lozano (2009) en “Propagation of Innovation in complex patterns of interaction”.

Según los autores, la visualización de patrones de colaboración e influencia es útil si se están buscando patrones estructurales en distintas redes de innovación, y modelos plausibles o explicaciones para su emergencia. Sin embargo, sin una descripción cualitativa rica y detallada, las analogías formales entre diferentes tipos de redes permanecen arbitrarias y difíciles de comprender.

Por otra parte, el modelo propuesto por Michael König, Stefano Battiston y Frank Schweitzer (2009) en “Modeling evolving innovation networks” liga la dinámica de una red (evolución de una red por el cambio incesante de nodos y vínculos) a la dinámica con la cual opera la red (el incremento de conocimiento como atributo de un agente). König et al enfatizan la vulnerabilidad de las redes de innovación: para encontrar un balance positivo en la circulación de conocimiento, debe encontrarse un punto óptimo entre los beneficios de las externalidades de la red y el costo de mantenerla.

Este balance positivo también depende de la naturaleza del conocimiento, cuyos efectos son observables en la medida que éste aumenta cuando se comparte, o disminuye su valor.

Otro aspecto importante del análisis estadístico de datos de redes de innovación es la identificación de patrones, lo que se relaciona al problema más general de la detección de comunidades dentro de redes. Este problema lo abordan Stefan Bornholt y Jörg Reichardt en “Social Network Analysis - a physics approach”, donde presentan un algoritmo específico para clusterización.

Cuadro 2. Nuevas aproximaciones de modelado y análisis de las Redes de Innovación

	Beckenbach et al (2009)	Díaz Guilera y Sergio Lozano (2009)	König et al (2009)	Bornholt y Reichardt (2009)
Tema	“Evolution and Dynamics of Networks in Regional Innovation Systems (RIS)”	“Propagation of Innovation in complex patterns of interaction”.	“Modeling evolving innovation networks”	“Social Network Analysis - a physics approach”
Enfoque	Redes locales incrustadas en los SRI	Redes de intercambio de conocimiento	Liga la dinámica de una red a la dinámica con la cual opera	Identificación de patrones o comunidades dentro de la red
Metodología	Perspectiva basada en agentes	Modelo de difusión de innovaciones por imitación	Redes complejas evolutivas	Análisis de subgrupos cohesivos
Resultados	Su investigación muestra que las redes forman la columna vertebral del Sistema Regional de Innovación.	Las analogías formales permanecen arbitrarias sin una descripción cualitativa rica y detallada.	Enfatizan la vulnerabilidad de las redes de innovación. Debe encontrarse un punto óptimo entre las externalidades de la red y su costo.	Presentan un algoritmo específico para clusterización.

Fuente: Elaboración propia con base en la compilación “Understanding Complex Systems” (2009).

Traducción propia.

1.3. La dimensión perdida de la innovación, o la perspectiva interpretativa

El análisis de la red de un Sistema Regional a través de la metodología del Social Network Analysis (SNA) con el objeto de conocer la calidad de la red a partir del intercambio de conocimiento promovido por sus nodos enfrenta dos grandes retos: (1) dado el escaso desarrollo del SRI local

es altamente posible que no exista una red como tal, o a lo sumo una red demasiado débil, con docenas de nodos “encapsulados” trabajando de manera aislada, con unas pocas vinculaciones y escasos flujos de información y (2) no sólo la calidad de la red y/o el potencial innovador elude su cuantificación, sino que, como se verá más adelante, esta investigación no sólo está motivada por una perspectiva cuantificadora centrada solamente en la aplicación de un instrumento de investigación cuyos resultados se procesarán estadísticamente y analizarán conforme a la metodología del SNA o incluso en la aplicación de un modelo de simulación multi agente, sino que asume un enfoque híbrido en el que tiene cabida la perspectiva interpretativa observable entre los diversos agentes que conforman la red, reconocida teóricamente como la dimensión con mayor capacidad generadora de innovación disruptiva.

Lester y Piore (2004) abordan el problema de la innovación desde el punto de vista de la “dimensión perdida”, que identifican como la conversación o perspectiva interpretativa. Esta conversación tiene lugar en las organizaciones innovadoras sin que se la pueda cuantificar y sin ser del todo observable, puesto que escapa a la investigación tradicional orientada a la perspectiva analítica de los procesos de innovación, dejando a un lado la perspectiva interpretativa.

La conclusión central de los autores es que ninguno de los recuentos del éxito económico de Estados Unidos durante los noventa puede explicar adecuadamente el desempeño innovador durante dicho período, por lo que alertan sobre el peligro de aprender las lecciones incorrectas sobre la innovación, y como resultado, ignorar las capacidades que son los verdaderos manantiales de creatividad en la economía: la capacidad de integrar a través de límites organizacionales, intelectuales y culturales, la capacidad de experimentar y los hábitos de pensamiento que permiten

darle sentido a situaciones radicalmente ambiguas, y avanzar en plena incertidumbre (Lester y Piore 2004, 5).

Para ver lo que se está pasando por alto en el actual debate de la política económica, es necesario comprender lo que realmente sucede cuando las firmas innovan en los laboratorios, los estudios de diseño, las fábricas y las oficinas ejecutivas, y a través del estudio de una serie de estudios de caso de diseño y desarrollo de un nuevo producto, los autores concluyen que la habilidad para innovar depende de dos procesos fundamentales: análisis e interpretación.

1.3.1. Perspectivas analítica e interpretativa

Los procesos analíticos funcionan mejor cuando los resultados alternativos son bien conocidos y pueden ser claramente distinguidos uno del otro. Los procesos interpretativos son más apropiados cuando los posibles resultados son desconocidos, cuando la tarea es crear dichos resultados y determinar cuáles son sus propiedades. Estas dos formas de proceder involucran muy diferentes tipos de habilidades, diferentes maneras de trabajar en equipo, diferentes modos de autoridad y control administrativo, y distintas maneras de pensar acerca de la economía.

Ambos procesos fundamentalmente se oponen, lo que dificulta llevarlos a cabo al mismo tiempo. Sin embargo, Lester y Piore proponen que la habilidad de los negocios para pensar acerca de estas dos aproximaciones de manera separada, y administrarlas de manera simultánea, es el reto central del desarrollo de productos, y encontrar un balance entre ellas es la clave para sostener la innovación, y por tanto la competitividad de la economía.

El análisis es el proceso más sencillo de comprender e implementar. Es esencialmente la toma racional de decisiones, la aproximación que subyace en mucha de la teoría económico-administrativa, y de investigación científica. También es la aproximación estándar enseñada a los estudiantes de ingeniería. El análisis deriva, esencialmente, en la solución de problemas:

Desde esta perspectiva, los negocios consisten en una serie de problemas discretos y una serie asociada de decisiones y elecciones acerca de cuáles problemas resolver y cómo resolverlos de la mejor manera. En el diseño de un nuevo producto, el gerente de desarrollo de producto primero busca definir un objetivo claro, usualmente basado en las necesidades del cliente, y luego identifica los recursos -humanos, financieros y técnicos- que están disponibles para completar el objetivo. El paso clave es dividir el problema en una serie de componentes discretos y separables y asignar cada uno a un especialista. La solución es obtenida al reunir todos los componentes de manera óptima tan rápida y eficientemente como sea posible (Lester y Piore 2004, 7).

Los autores identifican dos problemas con este punto de vista: (1) presume una noción clara y sin ambigüedades de cuáles son las piezas del producto y quiénes son los especialistas a los que se les asignará y (2) para visualizar las partes es necesario visualizar la solución, y para ello es necesario tener claro el problema. La pregunta es de dónde viene el problema, y la respuesta no es necesariamente de los clientes.

Un importante componente de la innovación involucra un proceso diferente, que no tiene un punto claro de terminación, más bien siempre está ocurriendo. La actividad de la cual algo innovador emerge es lo que Lester y Piore llaman interpretación:

El proceso interpretativo tiene mucho en común con las maneras en que una comunidad lingüística se entiende y comunica entre sí y con otras comunidades lingüísticas. En esta manera interpretativa de ver los negocios, el rol del gerente tiene menos que ver con resolver problemas o negociar entre intereses opuestos que con iniciar y guiar conversaciones entre individuos y grupos (ídem, 8).

La perspectiva analítica domina la literatura académica sobre innovación, competitividad y economía, particularmente en escuelas de negocios e ingeniería, y es aún más dominante en la práctica de estas ocupaciones. En contraste, la visión interpretativa no es ampliamente comprendida o incluso del todo reconocida.

Los autores afirman que el proceso interpretativo es clave en el rango de alternativas a la hora de desarrollar un nuevo producto. Si la orientación de la firma es demasiado analítica y el proceso interpretativo está trunco o no existe, el rango será muy reducido, lo que la coloca en posición de desventaja con respecto al mercado.

Para mantener las capacidades innovadoras, las firmas deben continuamente buscar y participar en conversaciones exploratorias, interpretativas con una variedad de interlocutores. Estos espacios interpretativos no crecen naturalmente en las economías de mercado. Deben ser creados, y una vez

creados, deben ser cultivados, renovados y enriquecidos, para lo cual es necesario re balancear las políticas públicas. El espacio en el que dicha conversación pueden tener lugar está bajo la presión de las fuerzas competitivas de la globalización, el cambio tecnológico y la desregulación (Lester y Piore 2004, 9).

1.3.2. La conversación

En un sentido fundamental, las innovaciones clave nacen de la integración de diferentes campos de conocimiento para formar algo nuevo y original, sin embargo, este proceso no es comprendido del todo. En los estudios de caso conducidos por Lester y Piore en industrias biotecnológica, electrónica y de diseño, los gerentes carecían del lenguaje para explicar dicha integración, que comprendían en términos de adición de departamentos o divisiones.

Las actividades interpretativas, que sí ocurrían pero no eran explícitas, surgían en la forma de conversaciones abiertas entre personas de diferentes *backgrounds* profesionales y organizacionales.

El rol del gerente es animar estas conversaciones, quien como si fuera el anfitrión de un fiesta de coctel debe identificar a los “invitados”, llevarlos a la fiesta, sugerir quién debería hablar con quién y de qué deberían hablar, intervenir cuando sea necesario para mantener la conversación fluida, y en general navegar entre las corrientes de aburrimiento y hostilidad, cualquiera de las cuales puede ocasionar que la fiesta se detenga y los participantes se vayan.

Lo que emerge de estas conversaciones, si son sostenidas, es algo muy parecido a una comunidad de lenguaje. Comienzan a hablar el mismo idioma y nuevos productos emergen de esa comunidad.

1.3.3. El espacio público. Instituciones formales e informales

Las presiones competitivas incrementan la dificultad de los procesos de interpretación, lo que crea la necesidad de espacios públicos, aislados de la competitividad, donde la conversación interpretativa pueda perseguirse de manera más libre.

Lester y Piore consideran varias posibilidades, desde espacios de hospedaje (*sheltered spaces*) para la interpretación dentro de la firma y entre grupos de firmas, la arena regulatoria y las universidades y centros de investigación. Sin embargo, reconocen que el uso de estos espacios se ve amenazado por cuestiones que tienen que ver con la economía de mercado.

De todos estos espacios, la universidad es incuestionablemente el espacio público más importante para la investigación y el desarrollo. Incluso en el MIT, fuertemente orientado hacia la ingeniería y la solución de problemas, el *ethos* no es éste, como afirma Rosalind Williams, ex decana de dicha institución:

En dos años de estudio, concluimos que el MIT ha sido tan fértil en creatividad tecnológica -tan innovador-, debido a los grupos informales, encuentros no estructurados, viejas conexiones, exploración y ensoñación. Los recursos comunes del MIT nos dan tiempo y espacio para contemplar. Con bastante seguridad, argumentamos que las fuentes de

creatividades necesarias para engendrar un cambio -tecnológico o de cualquier tipo-, florecen sólo en un escenario con el tiempo y el espacio para las intensas interacciones sociales que están en el corazón de la investigación y el aprendizaje (Williams, citada por Lester y Piore 2004).

Aún dentro de la universidad, la conversación fluye dentro de espacios tanto formales como informales. Williams es clara al hablar de “exploración y ensoñación” al referirse al tiempo y al espacio de interacción, que en la sociedad de la información toma un cariz distinto al que tenía hace varias décadas, ante la disponibilidad de *big data* y relaciones no limitadas por el espacio geográfico.

Siguiendo a Lester y Piore, las firmas que se valen de la investigación y desarrollo universitarios ciertamente están conscientes de ambas dimensiones, la analítica y la interpretativa, aunque no usen los términos para describirlas. A diferencia de la investigación corporativa, motivada por objetivos económicos, la investigación académica está sujeta a otras consideraciones no siempre fáciles de delimitar, aunque por lo general lo que identifica un buen investigador universitario no es la habilidad para resolver problemas, sino la habilidad para identificar qué problemas es más importante resolver.

En este punto, vale la pena detenerse para retomar las ideas expuestas por Polanyi en su trabajo seminal “The Tacit Dimension”: "Debo reconsiderar el conocimiento humano comenzando por el hecho de que podemos saber más de lo que nos damos cuenta o podemos decir" (Polanyi 1966, 4).

Nos lo explica utilizando una metáfora: Las reglas de la rima y de la prosa no me dicen lo que me dice un poema, sin ningún conocimiento de sus reglas.

Siguiendo esta premisa, la discusión sobre la dimensión interpretativa de Lester y Piore pone de relieve, especialmente en ambientes R&D de ingeniería y diseño industrial, pero también académicos, la importancia de la dimensión tácita como núcleo del proceso innovador, así como la socialización del conocimiento (ellos lo llaman conversación) en ambientes propicios para su diseminación y fertilización cruzada que promuevan la aparición de nuevas ideas, nuevos problemas y nuevas preguntas.

La implicación es que la identificación de dichos problemas es en cierto sentido un proceso misterioso, intuitivo. También es verdad que los propósitos prácticos que influyen la selección de problemas académicos están íntimamente relacionados con los propósitos públicos -es decir, los socialmente importantes, no necesariamente valorados por los mercados-. En todos estos escenarios, el proceso interpretativo tiene una dirección, que en el ámbito de la firma es esencialmente comercial, mientras que en el universitario tiene que ver con las fronteras del descubrimiento, o un propósito público particular.

Sin embargo, la investigación puede ser, como a menudo lo es, motivada simultáneamente por el reto de avanzar la frontera del conocimiento fundamental, y por el deseo de conseguir metas prácticas. Es decir, ambos propósitos no son mutuamente exclusivos. Donald Stokes (citado por Lester y Piore 2004, 159), lo ilustra con un esquema en el que ejemplifica la investigación básica pura tipificada por el cuadrante de Bohr, la investigación básica usada como inspiración para

resolver un problema práctico por el cuadrante de Pasteur, y la investigación puramente aplicada, en el cuadrante de Edison.

La investigación académica desarrollada en las universidades constituye un frágil ecosistema que puede ser vulnerado ante la intervención económica de firmas comerciales, y además está sujeta a presiones de toda índole (presupuesto, secrecía y desconfianza entre académicos, etcétera) por lo que requiere un cuidadoso equilibrio y las dosis correctas de cooperación entre pares si se quiere mantener la conversación, lo que supone grandes ventajas para las firmas capaces de absorber este conocimiento, generar nuevos productos y ofrecer retroalimentación capaz de mantener la conversación fluida (Lester y Piore 2004).

En lo que respecta a la firma -sujeta a tantas presiones o más que las que enfrenta la investigación académica-, el conocimiento incluye elementos tácitos y codificables que usualmente están dispersos en diversas áreas (Polanyi 1996 citado por Dutrenit 2001, 2). La parte tácita es difícil de articular mediante un lenguaje formal, es un conocimiento personal incorporado en la experiencia individual o grupal, que se transmite a través de la práctica, y cuya codificación está en la base de la socialización del conocimiento y el aprendizaje organizacional (Dutrenit 2001, 2). De ahí la importancia de la generación de comunidades de práctica que “hablen el mismo lenguaje”, bien sea turbinas, c++, biopolímeros o paneles solares, requisito fundamental para crear una conversación a nivel regional.

Capítulo 2. Empresas de base tecnológica en Sonora: antecedentes, características y situación actual. El caso de la industria aeroespacial, TICs y biotecnológica

El análisis de la industria de Sonora implica realizar un intrincado recorrido que comienza en tiempos del porfiriato y atraviesa una serie de etapas clave para la comprensión de su conformación actual, como lo fueron el boom minero y pecuario, la revolución verde y su impacto sobre la moderna agricultura establecido durante la segunda mitad del siglo pasado, la industrialización basada en las empresas maquiladoras, la planta Ford y la reconversión industrial de principios de los noventa, y los esfuerzos recientes por construir un conglomerado aeroespacial.

El objetivo del presente capítulo es explorar el marco contextual económico en el que se gestaron las condiciones actuales de la industria sonorenses, con el fin de reunir elementos para facilitar la comprensión de los agentes económicos involucrados en el Sistema Regional de Innovación, así como las redes y patrones de integración surgidos a lo largo de más de un siglo de historia industrial, y de qué manera inciden en la conformación contemporánea del SRI y las redes que lo componen.

Todo esto, intentando no perder de vista las líneas invisibles o el “tejido sin costuras” que marca las diversas fases comprendidas en la periodización de la composición histórico-económica de la industria sonorenses en el marco de flujos y recombinaciones de capital económico, social y cultural al paso de los siglos, en el transitar de finales del XVIII hasta los albores del XXI, en el que se suceden importantes fenómenos que afectan esta composición, desde las guerras mundiales hasta la caída del muro de Berlín, la globalización y la emergencia de la sociedad del conocimiento.

Para ello, en un primer apartado se tratará la industrialización sonoreense desde los tiempos de la agroindustria hasta la era de la manufactura de exportación. Aquí se analizarán los principales antecedentes, es decir, la industria a principios del siglo XX -minería y productos con poco valor agregado-, para después pasar a la influencia del modelo de sustitución de importaciones en la industria sonoreense, y finalmente llegar a la industrialización de la frontera y el desplazamiento de la agricultura en la economía estatal.

Un segundo apartado estudia el papel de la planta de estampado y armado de vehículos de la Ford Motor Company en la consolidación de la industria local, fenómeno cuyo inicio de operaciones representó en 1987 el 38.5% de las exportaciones totales, cifra que para 1988 se elevó hasta el 76%, perfecta ilustración del peso que esta empresa adquiere en la economía y el comercio exterior de la región¹⁰, y que sienta precedente para el desarrollo posterior de otros sectores de metalmetánica, como la manufactura aeronáutica.

En un tercer apartado se presta atención a la industria sonoreense en el siglo XXI, tomando en cuenta sus principales características, evolución reciente y la emergencia de sectores de alta tecnología, como lo son el de las TIC (Tecnologías de Información y Telecomunicaciones), la industria aeronáutica/aeroespacial y la biotecnológica.

Para finalizar, se presentan conclusiones y comentarios finales, con énfasis en las diversas implicaciones que la peculiar evolución de la industria sonoreense podría haber tenido y/o tener en

¹⁰ Comportamiento de las exportaciones de Sonora (García de León y Bracamonte 1991, 138).

la actualidad en las dinámicas de integración industrial, el Sistema Regional de Innovación y las redes que lo conforman.

1. La industrialización sonorenses: de la agroindustria a la manufactura de exportación

1.1. Principales antecedentes: la industria en la primera mitad del siglo XX: minería y productos con poco valor agregado

La fase inicial de esta etapa, caracterizada por un modelo Pecuario-Exportador¹¹ y una marcada predominancia del capital estadounidense, discurre de 1890 a 1929, período durante el cual las actividades centrales son la minería y la ganadería, y en menor medida la agricultura y el comercio.

Desde finales del siglo XIX hasta la crisis de 1929, el eje de la producción de riqueza en Sonora se centró en la minería de exportación (Vázquez Ruiz 1991, 18). La inversión extranjera, en este caso norteamericana, jugó un papel fundamental en la minería de tiempos del porfiriato, cuando en la sierra sonorenses destacaron la Cananea Consolidated Cooper Company, la Moctezuma Cooper Company y la Tigre Mining Company.

También sería clave al estructurarse lo que después serían los valles agrícolas de la costa, impulsados por la Richardson Construction Co. en el sur y la Colorado River Land Company en el noroeste del estado (Vázquez 1991, 18)¹², tras la caída estrepitosa de la producción minera

¹¹ Siguiendo la periodización propuesta por Ramírez, J.C. en "Hipótesis acerca de la historia económica y demográfica de Sonora en el periodo contemporáneo". Cuaderno del Viejo Pitic núm. 1. Hermosillo: El Colegio de Sonora.

¹² La inversión norteamericana en Sonora ha estado presente en cada uno de los ciclos económicos importantes por los cuales ha discurrido la entidad, y en algunos casos ha jugado un papel determinante en la modalidad asumida por el patrón de acumulación (Vázquez 1991)

sonorense de los años treinta, cuyo impacto fue amortiguado por todo un mundo de condiciones políticas, económicas y sociales que hicieron posible el surgimiento de otra forma de acumulación basada en la producción agropecuaria (Ramírez 1985, 29).

Así, la tradición industrial ha estado presente desde el porfiriato encarnada en la industria del cobre, cervecera, harinera y textil, principalmente¹³. Entre 1930 y 1960, destaca la producción de trigo, algodón, vid y alimentos (carne, leche y derivados).

Sin embargo, la industria minera resurgió debido principalmente a la industria bélica:

El estado de Sonora fue una de aquellas regiones mineras que vivieron la segunda guerra mundial bajo la buena estrella del auge exportador, beneficiándose del enorme incremento en el consumo de metales y minerales industriales generado por la demanda bélica. Las minas de grafito, tungsteno y sobre todo las grandes minas de cobre de Cananea y Nacozari, reactivaron sus añejos socavones para responder a una demanda altamente rentable y prácticamente ilimitada (Contreras y Ramírez 1998, 243).

En México, el gobierno del General Ávila Camacho estableció en 1941-1942 convenios de colaboración que incluían el compromiso de exportar productos minerales, entre ellos el cobre, a cambio de créditos, cotizaciones estables y reducción de tarifas arancelarias. En este contexto, la Anaconda Copper Company, propietaria de la Cananea Consolidated Copper Co. (4C), obtuvo un

¹³ Datos de la Secretaría de Economía Estatal (2013).

cuantioso crédito para ampliar y modernizar las instalaciones mineras de Cananea, al tiempo que el gobierno mexicano otorgaba amplias facilidades fiscales (ídem, 244).

Se iniciaba así una nueva era productiva en el mineral de Cananea, caracterizada por el abandono progresivo del sistema tradicional de trabajo en las minas subterráneas y la implantación del proceso de extracción por medio de tajos. Este período de auge exportador duraría tanto como la guerra misma, pero la transformación tecnológica explica en buena medida la fortaleza con que sorteó los años difíciles de la postguerra.

El final de la guerra significó para numerosas empresas la parálisis y la ruina, mientras que para otras una drástica disminución en los volúmenes producidos y en la mano de obra ocupada, como ocurrió con las grafiteras vinculadas al capital estadounidense en la región de La Colorada, y para algunas más, como la Moctezuma Copper Co -una de las tres gigantes del cobre sonorense durante el primer cuarto de siglo-, una lenta agonía que se prolongó hasta 1949, año en que cerró definitivamente sus operaciones (Contreras y Ramírez 1988, 245).

Después de la segunda postguerra (1945-1947), Sonora se especializó en actividades de origen primario, hasta llegar a destacar a nivel nacional e internacional en la producción agrícola de algodón, trigo, soya, ajonjolí y uva; en productos minerales como el cobre, la barita y el oro; y en productos porcinos, avícolas y marinos (Vázquez 1991, 30).

Sin embargo, en la década de los cuarenta, lo más grueso de la actividad económica se trasladó a los valles de la costa. La construcción de la presa Abelardo L. Rodríguez, construida entre 1945 y

1948 para irrigar dicha zona, fue comisionada a La Compañía Mexicana de Construcciones Azteca S.A. simultáneamente con The Utah Construction Co. (ídem, 19).

El verdadero motivo de la contracción de la industria minera en Sonora no se debió al fin de la guerra, sino a la monopolización del sector por parte de Estados Unidos que una vez pasada la situación de emergencia de orden bélico, buscó regiones más aptas para la inversión extranjera como respuesta a lo que consideraban una política agresiva del Estado mexicano en torno al control de los recursos naturales, dada la expropiación petrolera de 1938 (Contreras y Ramírez 1988, 246).

A finales de los cincuenta, ante la necesidad de introducir métodos intensivos para el cultivo de la tierra, Sonora se convirtió en el laboratorio nacional de la denominada revolución verde (Vázquez 1991). Así, inicia una nueva reestructuración económica y espacial, asociada al quiebre de la minería y al surgimiento de la actividad agrícola como eje articulador de su economía (Lara 2007).

A pesar del auge de la industria minera, Sonora terminó convirtiéndose en un estado eminentemente agrícola y ganadero, el llamado “granero de México”, desde donde se gestaría una revolución verde que marcó una época de bonanza, y una de las condiciones iniciales que explican el desarrollo actual en materia de investigación en el área de la agrobiotecnología.

1.2. La influencia del Modelo Sustitutivo de Importaciones en el desarrollo de la industria sonorenses

La crisis de 1929 afectó profundamente la dinámica económica latinoamericana y por ende, mexicana. La imposibilidad de seguir importando productos de consumo desde los países centrales y el cierre de mercados para las materias primas obligó a concentrar los esfuerzos en la sustitución de las importaciones por productos fabricados localmente y a diversificar la estructura productiva de tal manera que las exportaciones perdieran su carácter estratégico (Zapata 1990, 141).

El modelo de sustitución de importaciones se identifica con un esfuerzo por romper los lazos de dependencia con el mercado internacional y con la realización de inversiones locales que permitiesen basar la dinámica económica en el mercado interno (Zapata 1990, 142). Durante gran parte de las décadas de los años treinta y de los cuarenta, los acontecimientos políticos tendrán que ver con la implementación de ese modelo de desarrollo.

De este modo, lo que hasta ese momento había sido una industria manufacturera incipiente, ligada al enclave minero o agroindustrial, se convierte en el sector prioritario al que corporaciones de desarrollo dedican atención preferente.

Tanto el impacto de la crisis económica como la consolidación de la Revolución Mexicana y consiguiente reforma del sistema político son elementos de la transformación del modelo de desarrollo que había seguido México hasta ese momento. Sin embargo, Sonora no siguió precisamente al pie de la letra las nuevas reglas del juego. Mientras en otros estados se generaban quizá no distritos industriales, pero sí polos de desarrollo en torno a la fabricación de distintos productos (zapatos, textiles, bebidas alcohólicas, etcétera), y el consecuente establecimiento de relaciones entre clientes y proveedores, aprendizaje tecnológico y demás fenómenos asociados a la manufactura, nuestro estado tomaba otra dirección, marcada por la predominancia del capital

extranjero, el énfasis en la agroindustria y la ausencia de incentivos para incursionar en las áreas de diseño de productos y/o manufactura, que se antojaban exóticas para grupos empresariales acostumbrados a que las actividades primarias marcaran el rumbo de la economía estatal.

En Sonora, el paquete innovador de la revolución verde creó un conjunto de necesidades que trajo como secuela penetración norteamericana que abarcó desde empresas comercializadoras de materias primas, insumos, herbicidas, insecticidas, necesarias para el mejoramiento de la semilla del trigo, hasta las tradicionales vendedoras de maquinaria y equipo como la John Deere, la Massey Ferguson, la Ford, la International Harvester, la Komatsu Japonesa, etcétera (Vázquez 1991, 19).

“Todo esto formó parte de la estrategia nacional de industrialización por sustitución de importaciones donde Sonora, en vez de seguir explícitamente esta vía, se especializó en productos de exportación para apoyarla a través de conseguir divisas en el mercado internacional” (ídem).

Así, mientras que a nivel nacional se protegió al mercado para la industrialización, en Sonora se abrió camino para el desarrollo de la gran agricultura de riego, auspiciada por la presencia del grupo Sonora en la presidencia y los estrechos vínculos con los gobernadores de la entidad (Ramírez 1985). Marcada sensiblemente por la crisis mundial de 1929 y la crisis financiera de los años 80, la economía sonorenses registra una gran variedad de ciclos entre 1929 y 1983:

Destacan en particular los altibajos operados en los sub períodos que van de 1929 a 1942, de 1942 a 1955 y desde entonces hasta 1983, todos ellos protagonistas de una fase específica de desarrollo en la entidad. En el caso del primer período (1929-1942) las oscilaciones se diferenciaron de las restantes en que las causas básicas de su movimiento

no dependieron de un sólo factor económico (por ejemplo, la caída del garbanzo o del tomate), sino de un intenso proceso de ajuste político tendiente a consolidar al empresariado agrícola de la entidad. La lucha por sustituir en el poder a la clase capitalista norteamericana, después de la ruidosa quiebra de las tres grandes cupríferas, se tradujo en un agudo forcejeo entre el campesinado y el estado encaminada a negociar las nuevas condiciones de producción en los valles del Yaqui y del Mayo. Por el contrario, el segundo y tercer períodos se caracterizaron por presentar auges sostenidos (1942-1955) y cambios productivos originadas por la misma inercia del capital agrario y no por condiciones ajenas a su marcha interna. Esto fue específicamente significativo entre 1942 y 1955 cuando la inversión federal permitió habilitar a los cinco distritos de riego que hicieron de la economía de Sonora una unidad estable y autoreproducible; unidad que si bien sufrió serios tropiezos a finales de los años 50 (1958-1961) y principio de los setenta (1968-1971) siguió siendo la plataforma sobre la cual crecieron las actividades industriales y de servicios (Ramírez 1985, 37).

La economía sonorenses ligó su destino a la inestable estructura de la inversión y de la demanda norteamericanas, fenómeno ilustrado no sólo por las recurrentes y forzadas sustituciones de ciertos cultivos (como fue el caso del algodón y el arroz durante los cuarentas y cincuentas), sino también las alzas y bajas registradas en la producción de ganado o de algunos minerales de exportación a lo largo de la historia económica contemporánea de Sonora (ídem, 38).

Desde la administración de Rodolfo Elías Calles y Yocupicio (1931-1939) hasta la llegada de Abelardo L. Rodríguez (1943-1948) se sucedieron un sinnúmero de ajustes políticos y sociales que alteraron significativamente la marcha endógena de la economía y en especial de los fenómenos

demográficos que por primera vez presentaron una dinámica ligada al gran capital agrario (ídem, 46)

La principal característica de este período es que se trata de una fase de transición de formas productivas ligadas con el sector minero-pecuario exportador (patrón disperso de acumulación, incapaz de promover una tendencia general de desarrollo en la totalidad de la región) a otras asociadas con el sector dominante agropecuario hasta muy entrada la década de los cuarentas, cuando se manifestó un mayor dominio de la explotación de la tecnología agrícola por parte de los grandes agricultores.

Los factores anteriormente mencionados repercutieron en el desarrollo de la entidad, cuyos capitales llegan tarde y mal al fenómeno de la industrialización, o por lo menos con mayor retraso que otros estados del país, situación que se pretende salvar con la industrialización de la frontera a través de la IME. También repercute en el sentido generacional del capital, acostumbrado a inversiones “seguras” del sector agropecuario, y una consecuente aversión al riesgo del capital local, altamente tradicional. En términos de redes y sistemas, podríamos concluir que (1) hasta ese momento no era posible hablar, ni siquiera insinuar, un SRI, más bien un sistema que se replegaba sobre sí mismo, cerrado e incapaz de generar nuevas conexiones y nuevo conocimiento, a pesar - o con excepción de-, el aprendizaje tecnológico y la absorción de éste generado durante la Revolución Verde, y (2) en su calidad de exportador, Sonora quedó fuera del modelo de sustitución de importaciones, el cual generó polos industriales en varios estados de la República, lo que durante este período limitó las capacidades de crecimiento del estado en este rubro, al menos en términos de diseño y R&D.

1.3. La industrialización de la frontera: la IME en Sonora y la gestación de una lógica productiva orientada a la exportación. El desplazamiento del sector agropecuario en la economía estatal.

Después de la crisis del modelo de sustitución de importaciones y la nueva estrategia de industrialización nacional, a través del fomento de las exportaciones de los años ochenta, devino un cambio en la geografía económica del país; la concentración manufacturera se desplazó, de las tres áreas metropolitanas más importantes hacia los estados del norte, que incrementaron su aportación al PIB manufacturero nacional (Fuentes, citado por Lara 2007)

Siguiendo la periodización propuesta por Ramírez (1985), es a partir de 1967 que la economía de Sonora entra en la etapa de desarrollo industrializador, dejando atrás los modelos predominantemente pecuario-exportador y de desarrollo agrícola.

A la par del desarrollo agroindustrial, a finales de la década de los sesenta, el cambio de las condiciones estatales, nacionales e internacionales propiciaron un nuevo giro en la economía estatal, derivado de las señales de debilitamiento de la agricultura y ganadería, los síntomas de agotamiento del patrón nacional de desarrollo y la crisis de la época expansiva del capitalismo de posguerra (Vázquez 1991, 19).

El nuevo ciclo de la economía sonorenses está marcado por la instalación de las primeras maquiladoras en la frontera norte del estado, casi 100% norteamericanas, y el principal agente externo de la región (ídem).

“A partir de entonces surge un nuevo espacio de influencia económica, formalmente independiente de la actividad agropecuaria, localizado en la frontera de Arizona. Toda la década de los setenta fue de promoción y expansión de este tipo de industria” (ibídem).

El establecimiento de las maquilas constituye el primer rompimiento importante con las pautas tradicionales del desarrollo manufacturero; con ellas se inició un nuevo proceso industrial basado en la inversión extranjera, integrado a un ciclo reproductivo internacional desmembrado en distintos países y regiones en función de la eficiencia global del proceso productivo (García de León 1991, 79).

De 1970 a 1980 el número de maquiladoras en Sonora se duplica, al mismo tiempo que la población ocupada en los mismos se incrementa en más de cuatro veces; para 1980 encontramos instaladas un total de 81 plantas, con 17,546 trabajadores. Para entonces, la producción industrial se concentraba en el sector automotriz, eléctrico-electrónico, la minería (cobre) y la cerveza.

Entre 1985 y 1988 se establecieron 49 nuevas plantas y el personal ocupado en las mismas se elevó de 21,969 a 34,167, lo que representaba el 21.5% de la población ocupada en la industria (ídem, 85).

La industria maquiladora de exportación presenta dos espacios de concentración: Nogales y Agua Prieta, que son los centros tradicionales, y San Luis Río Colorado y Hermosillo. El grueso de las 125 empresas que operaban en 1989 en el sistema estatal de Parques Industriales estaba concentrado en los parques de Hermosillo y Ciudad Obregón.

Ramírez (1988) explica el *boom* maquilador en términos, de nuevo, de la incursión del capital extranjero y el aprovechamiento de un puñado de condiciones idóneas para los industriales:

Con el establecimiento de las plantas ensambladoras en la frontera norte, los EU volvieron efectivamente a Sonora como lo hicieron entre 1890 y 1930, sin intromisiones locales en la dirección del proyecto económico. Pero a diferencia de aquéllos años en que los Green o los Richardson monopolizaron por completo la producción de las minas de cobre o de la agricultura de riego, los dueños de las maquilas asentaron su hegemonía sobre la base de un control ejercido en las últimas etapas del producto. No requirieron de mayores recursos para imponer su rango al resto de las manufacturas porque, desde el comienzo, su estrategia se basó en un principio elemental: en el abaratamiento de los costos laborales dentro de las últimas fases del proceso productivo. Ni tampoco exigieron demasiadas condiciones internas para su operación porque su actividad, destinada a funciones tecnológicamente especializadas en las etapas terminales del artículo extranjero, siempre excluyó la industrialización de productos nacionales (ídem, 27).

Debe tomarse en cuenta que, históricamente, la maquila no ha destinado más allá del 1% de su valor producido a la compra de insumos nacionales, por lo que su actividad vino a romper con un esquema de industrialización caracterizado por absorber hasta el 50% de su valor en materias primas provenientes de las unidades agropecuarias.

Con la IME, las manufacturas dejaron de ser la habitual prolongación de la economía primaria para convertirse en el elemento des concentrador por excelencia de la actividad económica después de 1970 (ídem, 29).

Por ello, en Sonora el pasaje de una economía primaria a otra de tipo secundaria fue sumamente drástico, y diferente al esquema clásico de desarrollo, debido a que aquí la maquila lejos de integrar el espacio de valorización dominante lo fragmentó en dos entidades paralelas, privando a la clase empresarial de las posibilidades de crecimiento en esa sección de las manufacturas y, al igual que en la actual minería de cobre, le concedió sólo el dramático papel de espectador (ídem, 30).

Estrechamente ligado con todo lo anterior, se presenta un fenómeno de reconfiguración de la distribución y ocupación de la población. Mientras que en 1950 Sonora tenía una población de 510,607 habitantes, de los cuales el 55% eran rurales y el 45% urbanos, para 1980 la población ascendió a 1, 513,731 habitantes cambiando su ubicación a un 71% en las ciudades y el restante 29% en el medio rural ((Vázquez Ruiz 1991, 36). En la actualidad, con una población de 2, 622, 480 personas, el 86% de ésta es urbana y el 14% restante, rural.¹⁴

Este fenómeno puede explicarse por una doble coyuntura, la necesidad de mayor competitividad de Estados Unidos y la crisis de la agricultura en México:

La de Estados Unidos que perdía productividad, competitividad y rentabilidad ante otras potencias capitalistas; y la de México, cuya agricultura acababa de entrar en crisis, dejando a miles de campesinos sin fuente de ingresos. La solución para ambos países fue la instalación de empresas maquiladoras. El entonces llamado “redespliegue industrial” le permitió a Estados Unidos recobrar sus niveles de competitividad internacional,

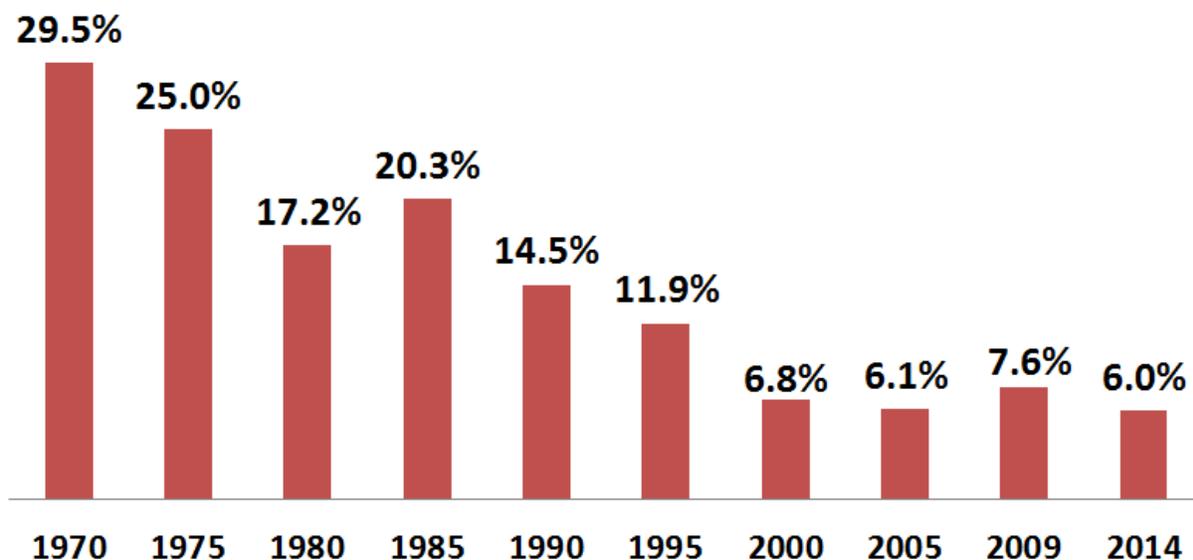
¹⁴ Inegi. Censo de población 2010.

explotando mano de obra barata y a México darle empleo a miles de personas (Vázquez 2006, 20).

Así, a pesar de que por mucho tiempo el estado se caracterizó por ser eminentemente agrícola y ganadero, en la actualidad este sector representa únicamente un 6.9% de la economía estatal, mientras que la actividad industrial supera el 40%.

Según los datos preliminares del Censo Económico 2014 (Inegi), en Sonora existen 11, 048 establecimientos dedicados a la actividad manufacturera, con una población ocupada de 179,851, lo que representa el 28.8% del total de personas ocupadas. Dicha cifra no ha variado mayormente a las registradas en 2004 (28.6%) y 2009 (28.1%).

Gráfica 1. Participación del agro en el PIB (1970-2013)



Fuente: Inegi y el libro "Frontera Norte, la economía en Sonora" de Miguel Ángel Vázquez Ruiz.

Sin embargo, Ramírez (1985) advierte que la cada vez menor importancia cuantitativa del sector agrícola en las cuentas estatales no dice nada por sí sola sobre su real peso político y económico en la dirección del proyecto dominante, puesto que la misma prolongación de su actividad productiva hacia las zonas urbanas es una muestra clara de lo falaces que pueden resultar las divisiones sectoriales.

Así, destaca la importancia de darle contenido histórico a esta red de poder montada en torno a lo agropecuario, especialmente en las hipótesis económicas que se elaboren para Sonora durante este período. En el cuadro 3 puede apreciarse el claro declive de la participación del agro en el PIB, que pasó de casi el 30% en 1970 a apenas el 6% en 2014, con una primera caída fuerte en 1980 y otra al entrar el nuevo milenio.

En efecto, dicha red de poder montada en torno a lo agropecuario, poseedora de grandes capitales económicos, influye en la actualidad de diversas maneras en la economía del estado, bien sea a través de control político y/o adquisición de empresas insertas dentro de la economía del conocimiento, ya sea en el ramo de las telecomunicaciones o *shelters* para *call centers* y/o industrias TIC y aeroespacial.

2. El papel de la Ford Motor Company en la consolidación de la industria local

Durante este período de tránsito hacia la industrialización ocurrieron dos eventos importantes: (1) la firma del Tratado de Libre Comercio y (2) la instalación de la planta Ford Motor Company y el establecimiento de sus proveedores en Hermosillo, en virtud de la necesidad de relocalización de firmas globales en busca de mejorar su competitividad.

La llegada de Ford catapultó la participación del sector industrial en el PIB. Para entonces, la participación del sector agropecuario había disminuido considerablemente.

Así es como durante los ochenta, una sola empresa trasnacional de origen estadounidense es signo de los tiempos del cambio estructural, la reconversión industrial y la modernización. Ford Motor Company es una de las más grandes inversiones económicas en la historia de Sonora (Vázquez 1991, 20).

La literatura especializada en la materia advierte, sin embargo, la necesidad de reflexionar en el escaso arraigo de la empresa en Sonora:

Ford [...] que opera en el estado desde hace diecisiete años, nada tiene que ver con el perfil original de una entidad de base económica minera, agrícola y ganadera. La lógica de su localización en Sonora nunca obedeció a un plan industrial deliberado del gobierno del estado, sino más bien a una estrategia de expansión de la propia industria automotriz hacia el norte de México, donde Ford Hermosillo vino a sumarse a Ford Chihuahua, General Motors y Chrysler en el corredor industrial Ramos Arizpe-Saltillo, en el estado de Coahuila (Vázquez 2006, 42).

Así, su instalación obedeció por un lado a la reestructuración de la industria automotriz internacional y por otro a la orientación del capitalismo mexicano hacia la modernización de ramas estratégicas, en la búsqueda de un cambio estructural para conseguir la diversificación de las exportaciones manufactureras.

La planta Ford Hermosillo, anunciada apenas como un proyecto a principios de 1984, comenzó a operar en octubre de 1986, en el parque industrial de la ciudad. Durante su primera etapa, Ford produjo automóviles subcompactos de la línea Mercury Tracer, destinados al mercado estadounidense y canadiense.

Durante los siguientes 20 años, la planta experimentó diversos procesos de ampliación y reorganización, manteniendo niveles de excelencia internacional en materia de calidad y productividad (Contreras 2006).

En un primer período, la planta generó 1160 empleos directos, de los cuales 850 eran obreros. A partir del segundo semestre de 1989, la planta Ford cerró sus puertas para hacer readaptaciones de su tecnología flexible y capacitar a los obreros para entrar a una segunda etapa de producción a partir de 1990.

Así, “de tener capacidad para producir 130 mil autos al año pasó a 170 mil unidades; de trabajar un turno trabajará dos; de generar 1,160 empleos directos, generará 2,300; de producir 800 millones de dólares en divisas, ahora se esperan 2,400 anuales” (Vázquez 1991, 26).

A principios de los noventa, la planta era percibida como una de las más modernas tecnológicamente hablando, en vista de los procesos basados en la robótica y la microelectrónica capaz de garantizar entregas “justo a tiempo” de cada uno de los componentes del auto, enlazada a un sistema de comunicaciones satelital con la computadora central de Detroit, Michigan.

Sin embargo, esta aceptación aparentemente incondicional de las nuevas tecnologías que conllevaba Ford, consideradas como un símbolo de eficiencia y modernidad, no estaba exenta de críticas:

[...] Sin pretender negar la validez de estos principios, las nuevas tecnologías significan en realidad la implantación de un orden laboral que tiende a desaparecer los derechos sindicales y poner menores obstáculos a la ofensiva empresarial. La Ford exige un nuevo compromiso de parte de los trabajadores, para que a partir de las tecnologías puedan desplegar su capacidad productiva en la búsqueda de la competitividad y la eficiencia. Bajo este pretexto, se introduce en los principios generales del contrato colectivo de trabajo una cláusula que minimiza la importancia de la estructura sindical [...] La modernidad que traducen las nuevas tecnologías se va convirtiendo así en métodos de control social más sofisticados, al estilo de las grandes metrópolis industriales, que va en contra de los contratos colectivos de trabajo (Sandoval 1988, 197).

La más importante de la historia de las ampliaciones de la planta inició el 2004 y concluyó en mayo del 2005. Mediante esta ampliación se introdujeron tres nuevos modelos, se incrementó la capacidad de producción a 300 mil vehículos anuales, se estableció un nuevo sistema de manufactura flexible y se reorganizó la red de proveedores de primera línea para fabricar los nuevos modelos de acuerdo con el paradigma de la manufactura molecular (Contreras 2006).

Esta ampliación representó la creación de 13, 275 nuevos empleos directos (incluyendo los nuevos empleos de Ford, los proveedores de primera y segunda línea y los proveedores locales (ídem). El impacto estimado en empleos indirectos es de cerca de 40 mil empleos. Así, Ford Hermosillo se

convirtió en una planta de manufactura flexible capaz de producir hasta diez modelos distintos a partir de la plataforma CD3 desarrollada por Mazda G.

Actualmente, la planta produce los modelos Ford Fusion y Lincoln MKZ, así como sus versiones híbridas, las cuales se distribuyen en el mercado norteamericano.

La llegada de la planta Ford a Sonora tuvo importantes repercusiones, como puede verse, y a pesar de que esta investigación no incluye el sector automotriz como parte del objeto de estudio, el fenómeno de Ford alcanza por diversas vías el enfoque de redes dentro del Sistema Regional de Innovación, entre otras, porque viene a revolucionar la forma de hacer las cosas en términos de manufactura a nivel local, obligando a comprenderla en términos de redes globales de producción, y porque provoca el auge de las carreras de ingeniería industrial, abriendo la oportunidad a jóvenes egresados de incorporarse en este tipo de procesos, luego de haber estado confinados al sector maquilador. A principios de los 90, las carreras de Licenciatura en Relaciones industriales e Ingeniería Industrial eran muy competidas y solicitadas.

La gran cantidad de egresados de carreras afines determina también, al menos en el discurso, la factibilidad de asentamiento de compañías del sector aeronáutico de la entidad cerca de dos décadas después, sector que se encuentra en un proceso de transición de la industria metalmecánica básica a una más especializada. Otra repercusión, que se detalla en el siguiente apartado, es la gestación de proveedores locales, donde la industria automotriz comienza a cruzarse con la del software, procesos automatizados y otras.

2.1 Los proveedores locales

La red de proveedores de la planta de estampado y ensamble de Ford Motor Company ha sido objeto de estudio, cuyo enfoque sugiere que los grandes empresarios locales no han sabido aprovechar la oportunidad de proveeduría que representa esta compañía trasnacional, como sí lo han hecho pequeños emprendedores a partir de un proceso de aprendizaje tecnológico que ha generado varias empresas convertidas en *spinoff*:

No eran, sin embargo, los capitales tradicionales de la región los que habían dado origen a estas empresas, sino, por lo general, negocios de reciente creación, con menos de diez años de antigüedad, que desarrollaron sus capacidades tecnológicas y empresariales en el medio industrial de las maquiladoras y de la propia industria automotriz, dedicadas a actividades como el desarrollo de software, procesos de automatización, diseño de dispositivos, maquinados de precisión y servicios de ingeniería, entre otras actividades. En ninguno de los casos identificados se trata de negocios vinculados con los capitales tradicionales del estado, sino de nuevos empresarios locales formados en el seno de la industria y sin conexión con las familias acaudaladas de la región (Contreras y Bracamonte 2008).

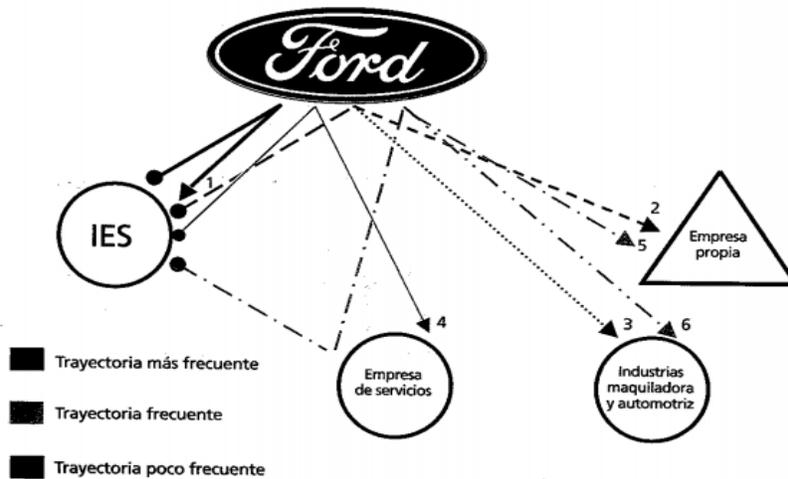
Un rasgo común a estas nuevas empresas de base tecnológica es que lograron aprovechar la demanda generada por las empresas líderes para desarrollar un aprendizaje interactivo a partir de las necesidades de insumos, equipos y servicios especializados de las grandes empresas. El patrón común parte de la necesidad de transferir capacidades técnicas y gerenciales a los proveedores locales para que estén en condiciones de cumplir con los estándares de calidad y tiempos de entrega requeridos por la industria automotriz (ídem).

Una vez que las empresas locales han logrado elevar sus capacidades, las nuevas competencias se convierten en un incentivo para que la empresa líder transfiera conocimientos y procesos más sofisticados en los proveedores locales, incluyendo aspectos como la logística, la ingeniería y el desarrollo de productos y de procesos. Al analizar las trayectorias de estas nuevas empresas locales, se pudieron identificar tres mecanismos principales de incorporación en la cadena automotriz: procesos tipo *spin off*; las redes socio-profesionales en el entorno regional; y la acumulación de capacidades mediante relaciones convencionales de mercado (Bracamonte y Contreras 2008).

De esta manera, Ford genera derrama tecnológica y propicia la acumulación de capacidades locales, encarnadas en la creación de pequeñas y medianas empresas vinculadas con las redes globales de la industria automotriz.

Otros estudios han arrojado que Ford ha propiciado la difusión de nuevas prácticas de organización entre empresas locales, así como que los ingenieros que han trabajado en Ford constituyen un vehículo de transmisión de conocimientos manufactureros y organizativos para la región (Contreras et al 2006).

Gráfica 2. Trayectorias típicas de ingenieros que trabajaron en la Ford Hermosillo



Fuente: Impacto de la ampliación de la Ford Motor Co. en Hermosillo Sonora. Contreras et al (2006).

A partir de los datos proporcionados por los proveedores de primera y segunda línea de Ford Hermosillo, durante 2012 se identificaron un total de 129 empresas proveedoras vinculadas al cluster automotriz. La mayor parte de éstas son empresas de servicios y distribuidoras de herramientas y equipos. Del total, 37.8% se dedican a servicios técnicos especializados o a la fabricación de insumos y partes, mientras que el resto (62.2%) ofrece servicios indirectos a la producción, como servicios de comedor, limpieza, vigilancia, recolección de basura, entre otros (ídem).

A pesar de que la mayoría de los proveedores locales se ubican en servicios indirectos y de comercio, también se han integrado un buen número de empresas locales intensivas en tecnología, dedicadas a procesos de automatización, fabricación de manipuladores, producción de software, programación, robótica, mantenimiento de equipo, servicios industriales, instalaciones de sistemas eléctricos, montaje de estructuras, maquinados de precisión, logística e ingeniería, entre otras actividades (ibídem).

Sin embargo, durante los 20 años de permanencia de la Ford en Hermosillo no se desarrolló una red de proveedores locales más allá de proveedores de servicios y distribuidores de herramientas y equipos, debido en parte a la incapacidad tecnológica y financiera de las empresas locales para alcanzar los estándares de Ford, la inexistencia de una cultura industrial enfocada a la innovación, la orientación predominante de los empresarios locales a las actividades agropecuarias, la ausencia de un liderazgo articulador de esfuerzos, ausencias de políticas de vinculación y actividades de fomento orientadas a proveedores internacionales (ibídem).

Empero, existen razones para considerar que la entidad está actualmente mejor preparada para la incorporación de empresas locales a la red de abastecimiento del clúster automotriz, entre ellas una mayor formación de recursos humanos especializados y de investigación científica y tecnológica, amén de una mayor vinculación del sector productivo con las instituciones educativas que la que prevalecía hace dos décadas (Contreras et al 2006).

Por otra parte, algunas empresas locales han acumulado capacidades tecnológicas y empresariales para participar en redes de abastecimiento de alcance global, las operaciones de la planta han generado una importante derrama de conocimientos técnicos y administrativos, y se cuenta con una política industrial que estimula la creación de empresas basadas en el conocimiento.

Es posible citar por lo menos un par de ejemplos de ingenieros industriales sonorenses cuyo trabajo estaba enfocado inicialmente en la automatización de procesos electrónicos y/o producción metalmeccánica que en la actualidad dedican su tiempo al aprovechamiento de nuevas energías,

bien sea por su cuenta o diversificando las unidades de negocio de su compañía para explorar y competir en nuevos mercados.¹⁵

3. La industria sonorenses en el siglo XXI: Características principales y evolución reciente

En la actualidad, Sonora forma parte de una cadena global de producción, y es huésped de inversiones de capitales internacionales en los sectores automotriz, aeronáutico, maquilador, electrónico, TIC (Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones) y minero, entre otros.

El estado cuenta con 46 parques industriales registrados en el Sistema Mexicano de Promoción de Parques Industriales (SMPI), distribuidos en los municipios de Ciudad Obregón, Agua Prieta, Caborca, Cananea, Empalme, Guaymas, Hermosillo, Huatabampo, Magdalena, Naco, Navjoa, Nogales, Puerto Peñasco, San Luis Río Colorado, Santa Ana y Yávaros, como se puede apreciar en la gráfica 4.

Los parques que registran mayor actividad son el de Ciudad Obregón, en el que operan un total de 110 empresas, Bellavista y Rocafuerte de “The Offshore Group”, ubicados en Empalme y Guaymas, respectivamente, con más de 39 empresas, y el parque Dynatech I, localizado en Hermosillo, con 9 empresas¹⁶.

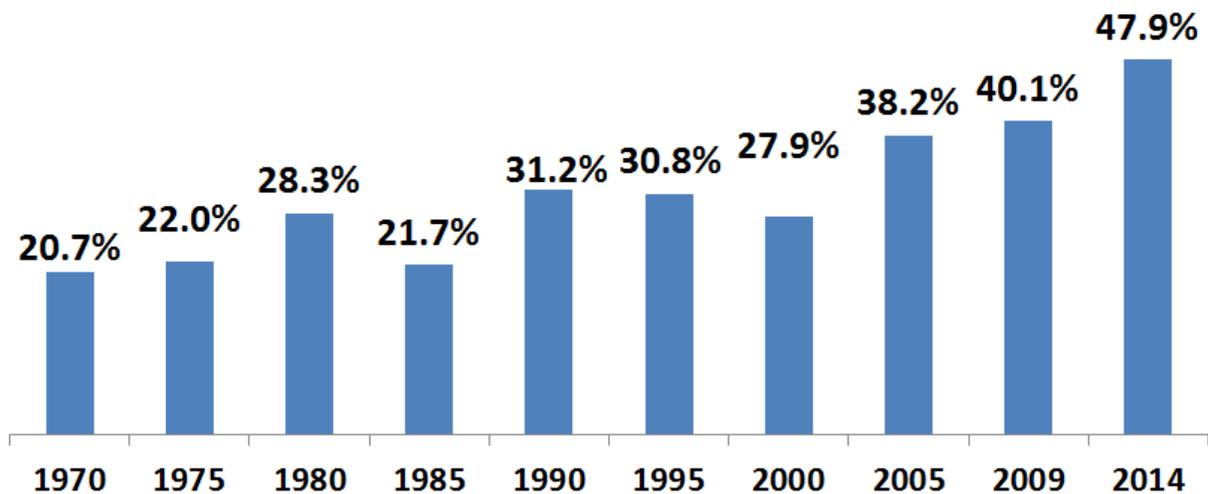
¹⁵ Ver entrevista con Marco Gaxiola, ingeniero industrial egresado del Instituto Tecnológico de Hermosillo, quien tras experimentar por varios años con automatización, sistemas inteligentes y autos eléctricos, actualmente se desempeña en la unidad de autos eléctricos y autónomos de la planta Ford, en Michigan, E.U., en el apartado de Anexos.

¹⁶ Inventario Parques Industriales Sonora (SPIS) <http://www.spis.gob.mx/Inventario-Parques-Industriales-Sonora.pdf>

En el marco del presente texto, los sectores emergentes que se revisan son la industria de las TIC, aeroespacial y biotecnológica. La elección de dichos sectores está determinada por su dinamismo económico, la naturaleza innovadora inserta en sus procesos de producción -basados en el uso de tecnologías avanzadas- y desarrollo de nuevos productos, así como el uso intensivo que hacen del conocimiento, lo que las convierte en una fuente constante de demanda de capital humano especializado.

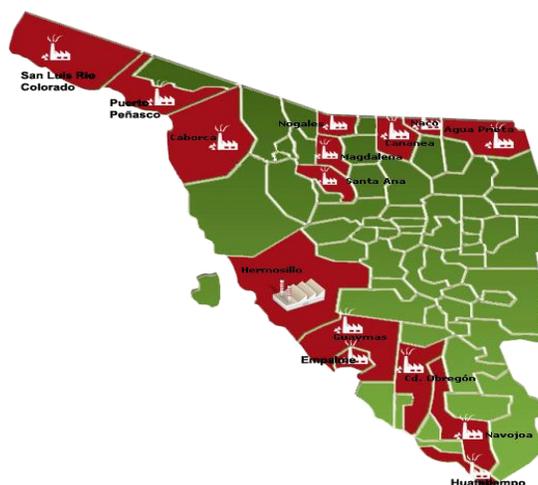
Con el fin de analizar puntualmente las tres industrias mencionadas, se revisa el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN) como método para desagregar los distintos sectores a considerar en este trabajo y determinar la participación económica de los mismos dentro de la economía sonorense, y se elabora una síntesis de la evolución de cada una de ellas en el marco de la industria sonorense.

Gráfica 3. Participación de la industria en el PIB (1970-2013)



Fuente: Inegi y el libro “Frontera Norte, la economía en Sonora” de Miguel Ángel Vázquez Ruiz.

Gráfica 4. Mapa de localización de parques industriales en Sonora



Fuente: Sistema Estatal de Parques Industriales (2014)

Gráfica 5. Estructura del PIB de Sonora (2013)

PIB 2013	Sonora	Nacional	% Part. A/B
	Total (A)	Total (B)	
Total	468,661	15,447,556	3.0%
Actividades Primarias	29,713	506,970	5.9%
Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	29,713	506,970	5.9%
Actividades Secundarias	212,759	5,326,904	4.0%
Minería	65,027	1,177,166	5.5%
Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	11,003	268,925	4.1%
Construcción	37,863	1,166,705	3.2%
Industrias manufactureras	98,866	2,714,108	3.6%
Actividades Terciarias	226,189	9,613,682	2.4%
Comercio	74,779	2,486,380	3.0%
Transportes, correos y almacenamiento	17,017	1,002,794	1.7%
Información en medios masivos	7,802	357,185	2.2%
Servicios financieros y de seguros	8,945	535,440	1.7%
Serv. inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	42,576	1,839,112	2.3%
Servicios profesionales, científicos y técnicos	5,728	345,630	1.7%
Corporativos	-	92,078	0.0%
Servicios de apoyo a negocios y manejo de desechos y servicios de remediación	10,102	516,744	2.0%
Servicios educativos	16,346	656,595	2.5%
Servicios de salud y de asistencia social	9,684	365,995	2.6%
Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	1,726	73,519	2.3%
Hoteles y restaurantes	7,077	340,863	2.1%
Otros servicios excepto actividades del gobierno	6,810	328,071	2.1%
Actividades del gobierno	17,597	673,276	2.6%

Fuente: Secretaría de Economía/ProMéxico (2013)

3.1. La industria de las TIC

La historia de la industria de las TIC (Tecnologías de Información y Comunicaciones) en Sonora se remonta a la creación de la Licenciatura en Informática en el Instituto Tecnológico de Hermosillo durante 1975, institución que comenzó a generar los primeros profesionales de las TIC en la entidad, a lo que le siguió un alud de licenciaturas e ingenierías afines en prácticamente todas las universidades de la región, públicas y privadas.

Pueden distinguirse al menos dos puntos de inflexión: (1) el surgimiento de la armadora de computadoras personales Lanix y la absorción de Gama y (2) la promoción y el aprovechamiento del programa Prosoft y la creación de parques tecnológicos de software durante el sexenio del presidente Vicente Fox (2000-2006) y la gubernatura de Eduardo Bours (2002-2009).

Lanix es sin duda un punto de referencia en la síntesis de la industria de las TIC en el estado, puesto que se trató del único fabricante de equipo de cómputo local que alcanzó cierta envergadura, para después internacionalizar sus operaciones:

[...] incursionó en 1987 en la industria electrónica invirtiendo en la empresa gama que en aquel entonces fabricaba computadoras personales. Tres años después, en 1990, se separaron del grupo gama para establecer su propia empresa, Lanix. Actualmente Lanix emplea a más de 250 trabajadores en su planta de Hermosillo, ensamblando PC's, portátiles y servidores, con un volumen anual superior a las 60 mil unidades, de las cuales sólo el 8% se vende en el estado. Cuentan con una red de distribución en prácticamente todo el país y

en el año 2005 abrieron una planta en Chile con una plantilla de 50 empleados (Bracamonte y Contreras 2008).

Lanix inició operaciones en Hermosillo con 20 empleados. Ese año (1990) lanzó en México su primer producto: PC Lanix 286, con disco duro de 5MB, memoria de 64K, sistema operativo MS-DOS, reproductor para Floppy de 5 1/4, monitor blanco y negro de 14 pulgadas y sin mouse. En la actualidad, la compañía suma a su línea de producción clásica (PC's, portátiles y servidores) nuevos dispositivos, entre ellos los teléfonos celulares inteligentes (smartphones), ultrabooks, tablets, televisores LCD de alta definición (HD) y AIO (All In One).

En 2011, Lanix inició un plan de expansión en Latinoamérica, ingresando al mercado de consumo en Colombia, a través de cuatro modelos de computadores personales basados en los sistemas operativos, Microsoft Windows 7 y procesadores Intel Corei segunda generación, a través de la tienda virtual del grupo Falabella. Igualmente, ingresa al mercado peruano con celulares por medio del operador Claro.

El florecimiento de compañías de software comenzó mucho antes de la llegada de Prosoft, con empresas como Intersel -la firma fue fundada en 1989-, compañía creada por un egresado del ITH (Instituto Tecnológico de Hermosillo) dedicada al desarrollo de software para el monitoreo empresarial del uso de líneas telefónicas o la Gestión de Gasto en Telecomunicaciones, con una cartera de clientes que incluye compañías de Estados Unidos y varios países de América Latina, y más de 10 mil licencias de software vendidas¹⁷.

¹⁷ Perfil Corporativo. http://www.intersel.com.mx/wp-content/uploads/PDF/Perfil_corp/Intersel%20-%20Perfil%20Corporativo_2011.pdf

Otra empresa emblemática la constituye InterLogic, compañía dedicada a la fabricación de circuitos lógicos que constituyen la base de funcionamiento de los cajeros automáticos que eventualmente ganó la licitación de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para la fabricación de sus centros de cobro.

Durante este tiempo, proliferaron compañías proveedoras de sistemas de contabilidad e inventarios, Punto de Venta, ERM (Enterprise Relationship Management) y desarrollo de sitios Web, así como distribuidoras mayoristas y minoristas de equipos y partes de computadoras personales, redes, etcétera.

Había muchos profesionistas de las TIC empleados como *sysadmin* (administrador de sistemas), redes, directores del área de informática y programadores, puesto que muchos de los sistemas que se manejaban entonces eran *ad-hoc* (desarrollados a la medida), e inclusive existía una pequeña comunidad de usuarios de software libre llamada GuLP (Grupo de usuarios de Linux del Pitic) que se reunía periódicamente en torno a este sistema operativo de código abierto (*Open Source*) iniciado por el finés Linus Torvalds, y tenía como núcleo la Licenciatura en Física de la Unison¹⁸.

A pesar de todo el capital humano especializado, no se reflejaba -al menos no visiblemente- un crecimiento fuerte en el sector, por lo que la llegada de Prosoft significó un detonador.

¹⁸ Consultar en el apartado de Anexos entrevista con Carlos Lizárraga, catedrático de la Unison y *early adopter* del sistema operativo Linux, quien participaba en las reuniones de GuLP y actualmente se desempeña además como consultor de análisis numérico en la fábrica de software Tiempo Development.

Al ser una industria que hace uso intensivo del conocimiento y catalogada durante el sexenio de Fox como área de oportunidad para el país en el marco del crecimiento acelerado de los BRIC, varios empresarios e instituciones en Sonora aprovecharon este programa, que potenció el crecimiento de empresas como Nearsoft, Tiempo Development y Novutek, empresa de desarrollo tecnológico creada como un *spinoff* del Itson, actualmente ubicada en el parque tecnológico de software de Ciudad Obregón.

Otras empresas e instituciones beneficiadas con este programa fueron Camisa Software, Salsas Castillo, Itson y TI Sonora, así como –repetidamente-, varios *shelters* y *call centers*.

En el período 2007-2012, a través del Prosoft se apoyaron 94 proyectos del sector de Tecnologías de Información en el estado de Sonora por un monto de 125.8 millones de pesos. Esta inversión favoreció la mejora, es decir capacitación y certificación, de 721 personas empleadas en el sector de TI y la creación potencial 4,071 empleos (Secretaría de Economía, 2012)¹⁹. Durante el 2012 no se solicitaron los recursos.

TI Sonora buscaba detonar la industria del software en Sonora a través de varias estrategias, entre ellas capacitar a través de instructores certificados y de alta calidad en lenguajes y plataformas novedosos entonces, como C# y .Net, con el objeto de crear una masa crítica²⁰. Actualmente pueden observarse las viejas oficinas de TI Sonora abandonadas, al parecer utilizadas para

¹⁹ Secretaría de Economía. Resumen Ejecutivo 2012.

http://www.economia.gob.mx/files/delegaciones/fichas_edos/121130_Ficha_Sonora.pdf

²⁰ Notas de entrevista realizada a Rocío Mariscal, quien se desempeñaba entonces en TI Sonora, para la sección de Informática de el diario El Imparcial. La dirección ejecutiva de la organización estaba a cargo de Francisco Félix Valdéz.

almacenar mobiliario viejo. La página de promoción y los hipervínculos relacionados desaparecieron de Internet.

Gráfica 6. Recursos de Prosoft invertidos en Sonora (2007-2012)

Año	Proyectos	Aportación de recursos (Millones de pesos)						Empleos		Empresas atendidas
	Número	PROSOFT/SE	Entidad Federativa	Sector Privado	Académico	Otros	TOTAL	Mejorados	Potenciales	
2007	30	18.7	15.7	32.9	4.2	-	71.5	258	903	55
2008	35	62.5	54	98.2	3.9	-	218.4	253	1146	52
2009	13	18.8	18.8	26.2	1.3	-	65	120	505	25
2010	2	13.3	13.3	26.5	-	-	53.1	54	860	22
2011	14	12.6	12.6	25.2	-	-	50.5	36	657	14
2012 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	94	125.8	114.4	209.06	9.4	-	458.5	721	4071	168

Fuente: Secretaría de Economía (2012)

Amén de estas empresas, Prosoft también facilitó el funcionamiento de *shelters*²¹ para compañías de software como Internet Brands, en Vangtel, y varios *call centers*, que aunque no necesariamente contribuyen al desarrollo en términos de generación de conocimiento, constituyen una atractiva apuesta económica que aprovecharon algunos empresarios locales.

Bracamonte y Contreras identifican un segmento de empresarios de origen diverso cuyo rasgo principal es ser "facilitadores de la integración". Estos empresarios aprovecharon la modernización y reestructuración productiva para incursionar en actividades directamente ligadas a la expansión industrial, tales como el transporte de carga, los negocios tipo *shelter* e incluso las manufacturas; son exportadores que supieron usar las ventajas de localización de un estado cuyo crecimiento

²¹ Al respecto, Vázquez Ruiz proporciona una explicación encaminada a identificar el sector terciario como el nuevo refugio de los descendientes de los "agrotitanes", dado que han pasado por la industria saltándose un sector con el que no se identifican, incursionando en su lugar en las actividades terciarias. Más allá del comercio y los servicios, suelen ser constructores y comisionistas del capital trasnacional, a quienes ofrecen el servicio de crearles las condiciones -parques y naves industriales, despachos para trámites, contratación de personal, entre otros-, para que puedan operar en el estado (Vázquez 2006, 46).

económico en las últimas décadas ha dependido principalmente de su vinculación con la economía de Estados Unidos (Bracamonte y Contreras 2008).

Las actividades primordiales realizadas por las empresas de TIC's en Sonora son el desarrollo de software, prestación de servicios de TI, fabricación de hardware, telecomunicaciones, Business Process Outsourcing y Knowledge Process Outsourcing (SE, 2013). El estado cuenta con 300 empresas instaladas, las cuales generan 5 mil empleos.

En el panorama actual es posible identificar compañías nuevas (startups) como Chopeco, orientada a la masificación del comercio electrónico²², Metmex, especializada en el monitoreo del clima e Ideaz3D, enfocada en la manufactura aditiva y la producción de impresoras 3D o SofiaXT, software especializado para la enseñanza de matemáticas.

También es posible observar un renovado espíritu innovador, manifiesto en el número de organizaciones formales e informales dedicadas a promover la cultura del emprendimiento tecnológico, tales como los *Startup Weekends*, *Fuck Up Nights*, *Hackers & Founders*, grupos de discusión para desarrolladores en Facebook, talleres sobre *software testing* organizados por la ASPTICS (Asociación Sonorense de Profesionistas de las Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones), un grupo de desarrollo de videojuegos bajo la plataforma Unity y la entusiasta participación en convocatorias internacionales para desarrollo de aplicaciones, como el *Space App Challenge*, orientada al desarrollo de aplicaciones para la industria espacial, o los

²² Durante el transcurso de esta investigación, a mediados del 2015, dicha startup fue vendida a una compañía canadiense, por lo que el capital ya no es local, aunque los trabajadores sí. Actualmente sigue en operaciones.

diversos *Hackathon*, que sirven para atacar un problema particular ofreciendo soluciones creativas, no necesariamente de orden tecnológico.

Pareciera, pues, que el sector se encuentra en una etapa floreciente, sin embargo, no es así del todo, aunque sí parecen estar presentes los factores necesarios para que los diversos agentes entren en una dinámica cuyo comportamiento corresponda al de una red de conocimiento. Lo que se tiene por el momento son subredes muy localizadas, en las que emerge cierto espíritu de cooperación parcial.

3.2. El sector aeronáutico/aeroespacial

De acuerdo con la Secretaría de Economía, la demanda global de aeronaves para los próximos 20 años es por casi 27,900 aviones de pasajeros y de flete, lo que representa un valor de mercado de 3.5 trillones de dólares en una industria cuyo crecimiento global se espera mantenga una tasa de 3.3% hasta 2022.

Las principales OEM's (Fabricante de Equipamiento Original) aeroespaciales a nivel mundial son Airbus, Boeing y Bombardier, mientras que los segmentos con mayor crecimiento son la fabricación de turbinas, y en segundo lugar, la manufactura de componentes (la estimación de MRO global es de 27.7 y 11.3%, respectivamente)²³.

En Sonora, esta actividad arribó en 1984 con la empresa de manufactura y ensamble de componentes electrónicos ITT Canon, que fue la primera en establecerse en el municipio de

²³ Cifras estimadas por Team SAI Consulting, citadas por la Secretaría de Economía Estatal (<http://www.economiasonora.gob.mx/portal/aeronautico-aeroespacial>).

Nogales, aunque otras fuentes e investigaciones señalan que la industria aeroespacial en Sonora apareció por primera vez en 1986, bajo el respaldo de Maquilas Tetakawi, localizada en el corredor Guaymas-Empalme con la firma Smith-West (Becerra 2014). Sonora participa con dos niveles de clústers, uno en Nogales y otro en Guaymas.

El crecimiento de la industria fue notable durante el sexenio del gobernador Guillermo Padres Elías (2009-2015). Entrada la segunda década del milenio, aparecían centros como el CIAES (Centro de Capacitación, Adiestramiento e Innovación) localizado en la UTH (Universidad Tecnológica de Hermosillo), y se firmaban convenios de cooperación con empresas y colegios de profesionales con el objeto de generar mayor oferta de entrenamiento especializado.

El estado realizaba fuerte promoción económica de la entidad en exposiciones internacionales, tales como el Paris Air Show, la Feria Internacional Aeroespacial (ILA) en Alemania y la Feria Farnborough, con el fin de atraer inversión extranjera de empresas como Boeing y Bombardier, compitiendo con otros estados del país, entre ellos Chihuahua, Baja California, Querétaro y Tlaxcala²⁴.

Ante el vertiginoso crecimiento de la industria en el país, las universidades tecnológicas comenzaron a prepararse creando programas emergentes para atender la demanda. Aunque la mayoría de las empresas aeronáuticas están en el nivel más bajo de producción, al requerir mano de obra no profesional, es decir, la mayor parte de su personal es para la fabricación especializada de elementos de componentes con bajos procesos, se inició la formación de profesionistas en los

²⁴ Estas actividades continúan realizándose a la fecha coordinadas por ProMéxico, organización que se encarga de manejar la logística de las delegaciones mexicanas.

procesos de manufactura, seguridad de ensamblado, certificación de procesos e ingeniería de diseño.

En Sonora, el Instituto Tecnológico de Sonora (Itson) Campus Guaymas, y el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, ofrecen una carrera en Ingeniería en Aeronáutica. Por su parte, el ITH cuenta con la especialidad de formación de herramentistas enfocados a la industria automotriz y aeroespacial²⁵, y recientemente introdujo la carrera de Ingeniería en Aeronáutica. Esta institución incluso modificó la oferta de lenguas extranjeras, introduciendo el francés, dada la demanda de ingenieros capaces de comunicarse en este idioma.

Pueden considerarse puntos de inflexión la oficialización de la creación de la Oficina de Proveeduría Internacional de Rolls Royce en el Parque Industrial Roca Fuerte ubicado en Guaymas, en abril del 2012, así como el anuncio ese mismo año de inversiones de la inglesa JJ Churchill y Ellison Surface Technologies²⁶, en 2013 la inauguración de la planta Bodycote, en el parque industrial Bellavista de Maquilas Tetakawi²⁷, así como el inicio de la construcción del complejo industrial de TE Connectivity en un nuevo parque industrial ubicado al norte de Hermosillo en febrero de 2015.

²⁵ Durante el período de inscripciones del verano de 2018, el Instituto Tecnológico de Hermosillo duplicó la matrícula para la carrera de Ingeniería en Aeronáutica, debido a la fuerte demanda.

²⁶ Ellison es una empresa estadounidense fundada en 1986 en Hebron Kentucky, especializada en recubrimientos térmicos y procesos especiales que tiene como clientes a varios de los mayores fabricantes de motores y turbinas del mundo. Por su parte, JJ Churchill es una compañía británica fundada en 1937 que se especializa en la fabricación de componentes de turbinas de gas y mecanizados de precisión.

²⁷ Conocido a nivel internacional como The Offshore Group, Maquilas Tetakawi desarrolla la infraestructura productiva y ofrece los servicios que una empresa puede necesitar para desarrollar sus procesos industriales.

El sexenio de la gobernadora Claudia Pavlovich Arellano continuó con esta tónica, promoviendo la llegada de empresas como Shimtech, con la instalación de una planta industrial en Hermosillo.

En años recientes, el auge de la industria aeronáutica consolidó a la región como un polo industrial emergente, puesto que alberga más de 70 compañías armadoras, entre ellas Aerocast Internacional, Belden de Sonora SA de CV, Pinnacle Aerospace, Goodrich Turbomachinery y Walbar Engine Components.

El estado es considerado una de las regiones más importantes de la industria aeroespacial mexicana, desde la perspectiva de las exportaciones y la articulación de los *clusters* (Promexico 2012). En particular, Sonora se reconoce como un centro de excelencia en la fabricación de alabes de turbina y componentes para motores.

Las capacidades aeroespaciales de Sonora iniciaron en la electrónica, en particular en los conectores y arneses. Actualmente, la industria crece en complejidad en tecnología y materiales compuestos.

Sin embargo, debe notarse que el 100% de las empresas localizadas en el estado entran en la categoría de grandes compañías, por lo que no es posible identificar SME's (Empresas Pequeñas y Medianas), y mucho menos *startups* que participen dentro del encadenamiento de esta industria.

La cualidad anterior puede explicar el porqué es prácticamente imposible identificar visos de una conversación pública en materia aeronáutica/aeroespacial a nivel regional emanada de las

empresas, el gobierno e incluso la academia. El sector funciona como un sistema cerrado, en el que la sociedad no tiene cabida.

Así, no sólo no se les puede encontrar fácilmente en redes sociales o incluso contactar a través de una página de internet, sino que extrañamente realizan algún tipo de divulgación, charla o conferencia dentro o fuera de sus instalaciones dirigida hacia un público interesado en conocer más sobre sus actividades, más allá de la colocación de la primera piedra o la ceremonia de inauguración de la compañía, en que los directivos se acompañan de altos funcionarios de la Secretaría de Economía.

Sonora cuenta con más de 40 empresas y entidades de apoyo en el sector aeroespacial y exporta cerca de 164 millones de dólares, siendo Estados Unidos el principal destino de dichas exportaciones. El estado cuenta con una importante fuente de talento, ya que posee una matrícula en ingeniería y tecnología de 25 mil 939 estudiantes (Promexico y SE, 2011).

La estrategia del estado se basa en el desarrollo de la cadena de proveeduría con un enfoque de innovación, principalmente en la fabricación de turbinas, y en la generación de talento especializado con enfoque en las necesidades de la industria (ibídem)²⁸. Sin embargo, el nivel de especialización y certificación requerido constituye una fuerte barrera para la participación de proveedores locales.

²⁸ En correspondencia con la velocidad de desarrollo de la industria aeroespacial nacional, la matrícula en las licenciaturas de ingeniería aeronáutica y de ingeniería aeroespacial, muestra un significativo crecimiento en los últimos cinco años con una tasa anual de incremento del 27.1%. En el ciclo escolar 2011-2012 la matrícula ascendió a 3,577, mientras que en el ciclo 2006-2007 fueron 1,057 alumnos. (Observatorio de la Ingeniería, 2012).

De acuerdo con el Censo Económico de 2014, la industria de fabricación de equipo de transporte registraba una participación porcentual de 21.8 en el empleo en Sonora en 2009, cifra que aumentó a 25.2 en el 2014 (Cifras Preliminares Censos Económicos Inegi). En ambos censos, dicho subsector destaca en el primer lugar en importancia en la participación en el empleo en Sonora en lo que respecta a manufactura.

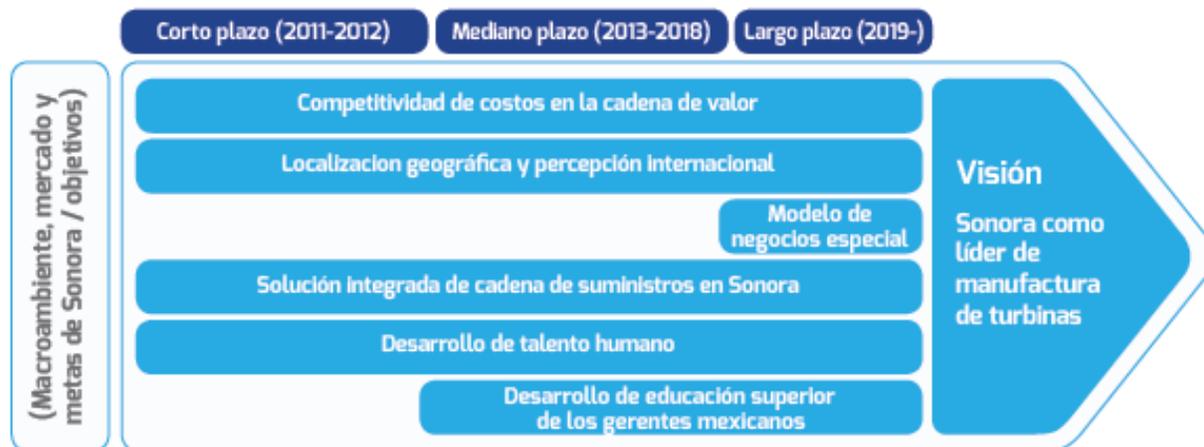
Cuadro 3. Evolución del número de empresas del sector aeronáutico instaladas en Sonora

	2004	2009	2014
Cajeme		1	8
Empalme	1	2	8
Guaymas		6	16
Hermosillo			27
Nogales		2	10
	1	11	69

Fuente: Censos Económicos 2004, 2009 y preliminar 2014 (Inegi)/Elaboración propia.

En el cuadro 3 es posible observar el número de empresas instaladas en el estado que se dedicaban al giro. De sólo 2 en 2004, se observa un salto importante a once empresas en 2009, y 69 el 2014.

Gráfica 7. Mapa de ruta de la industria aeroespacial de Sonora



Fuente: Plan de Vuelo Nacional/Proméxico (2012).

Ante el panorama que muestra la industria aeroespacial para los próximos veinte años, se espera un gran impulso al desarrollo de aplicaciones en tecnologías de la información para simulación, control y operación de sistemas espaciales. Desarrollos en electrónica y nuevos materiales que a la vez están modificando los procesos de manufactura que tendrán que seguir garantizando su factibilidad y reduzcan costos y riesgos. Sólo de esta manera el acceso al espacio será cotidiano y rentable (Academia de Ingeniería de México, 2013).

Debido a esto, se estima que a futuro, los sistemas espaciales sean un desarrollo realizado entre múltiples naciones, que amplíe la base de proveedores de componentes y materias primas para el sector. El crecimiento de las bases mundiales de manufactura espacial estará en países que ofrezcan condiciones de protección de información y tecnologías (ídem).

En este sentido, la creación de un centro de investigación aeroespacial en el Instituto Tecnológico de Hermosillo es un paso en la dirección correcta. La socialización del conocimiento comienza a verse a cuenta gotas a través de, por ejemplo, un video de YouTube editado por SonoraLabs, en el

que un profesor del ITH delinea las directrices de este centro, que se encuentra en fase de desarrollo inicial dentro de esta institución.

La importancia de que esta información esté disponible en una plataforma abierta como YouTube, es que facilita que jóvenes con la inquietud de incursionar en el sector aeronáutico obtengan un acercamiento de otra manera muy complicado hacia los planes, proyectos y el estado actual del centro, y sus oportunidades de desarrollo profesional en dicho sector.

Por otra parte, los miembros de la sociedad no necesariamente relacionados con el ecosistema de innovación y/o con este sector en particular, adquieren conciencia de que existe un centro de desarrollo en la materia -si bien en estado incipiente-, en una institución pública, lo que abre la oportunidad para formar capacidades de diseño, innovación y R&D, y no sólo de manufactura.

Tras décadas de arraigo de carreras de ingeniería industrial, eléctrica y electrónica, y algunos de mecatrónica, por primera vez una institución superior de educación pública tiene un centro de desarrollo aeroespacial/aeronáutico, que inicia con una pequeña *startup* relacionada con la construcción, mantenimiento y creación de aplicaciones para drones²⁹.

Por supuesto, todavía no se puede hablar de un ecosistema. Indudablemente, existe la demanda. Las grandes compañías están presentes. Faltan las pequeñas y medianas, así como las *startups*. En el terreno de los intermediarios, todo está fuertemente centralizado. Firmas consultoras,

²⁹ La *startup* se llama Proyecto DOCA, y fue creada por los estudiantes de octavo semestre de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica del ITH, Omar Montaña, Abel Salazar y César Ramírez. En la actualidad, el Instituto Tecnológico de Hermosillo tiene un club de drones conformado por más de 30 miembros.

organizaciones especializadas, centros de innovación y transferencia de tecnología, incubadoras y otros. La centralización juega también un papel importante en el renglón de Infraestructura: Bancos, capital de riesgo, telecomunicaciones, estándares y normas.

La participación de Sonora como región se limita a ofrecer servicios de *shelter* que si bien incluyen aspectos como el manejo de Recursos Humanos (contrataciones, nómina, etcétera), servicios legales y contratos, no tiene mayor repercusión en la cadena de suministro, y cuyo único débil lazo con la red de conocimiento de la industria son los casos de educación y entrenamiento, así como de vinculación con universidades para la contratación de profesionistas.

Las organizaciones educativas y de investigación interactúan con las compañías con el objeto de desarrollar y transferir know-how (Molle y Djarova 2009). De ahí la importancia del nacimiento del centro de investigación aeroespacial en el ITH, que llena al menos un espacio en el vacío que representa la investigación científica en este sector a nivel regional, pues albergará a 20 investigadores.

El sector público es por supuesto de enorme influencia en este sector, que ha detonado en parte gracias al Plan de Vuelo delineado a nivel nacional. No obstante, gobiernos locales y regionales tienen una participación que se limita a la generación de condiciones necesarias para la atracción de inversión y generación de empleos en este sector, sin que exista una preocupación explícita por invertir en la creación de nuevo conocimiento, innovación y R&D en el área, y/o crear espacios para generar una discusión entre profesionales del sector.

El rol del sector público es desarrollar un ambiente conductivo para la innovación, y ofrecer intervenciones cuando el alto riesgo que involucra la generación de ésta no puede ser cubierto por la iniciativa privada (Molle y Djarova 2009). Bien sea por motivos económicos o culturales (desinterés, falta de conocimiento), este aspecto es descuidado sistemáticamente a nivel regional.

Sin embargo, existen iniciativas que pueden servir como modelo, como la del cluster aeroespacial de Baja California, que cuenta con un Programa de Desarrollo de Proveedores Aeroespaciales, en virtud de que en la industria maquiladora el grado de integración de proveeduría nacional es menor al 1%, y se requieren estrictos estándares de calidad que rigen certificaciones internacionales.

Ninguna de las empresas instaladas en Sonora pertenecientes al ramo aeroespacial aparece en los listados del RENIECYT, ha generado una empresa satélite (*spinoff*) o participado en una convocatoria de PEI (Programa de Estímulos a la Innovación), lo que da varias pistas sobre el estado de las cosas en materia de innovación en el plano regional. Sin embargo, la historia de la industria aeroespacial apenas comienza, y todavía se está escribiendo.

3.3. La industria biotecnológica

La llamada “Revolución Verde” que convirtió el Valle del Yaqui y Mayo en el granero de México durante la década de los 70, influyó la investigación biotecnológica en Sonora, cuyo desarrollo es palpable en la producción de conocimiento teórico científico en centros de investigación y desarrollo tales como el CIAD (Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo), CIBNOR y el departamento de investigación DICTUS de la Unison.

Empero, y aunque la región sur del estado sigue siendo de gran potencial agrícola y agroindustrial -en el valle del Yaqui y Mayo se han ensayado distintas formas de producción con éxito, desde las puramente individuales hasta las colectivas, de las cuales hablan la producción de granos, oleaginosas y hortalizas-, continúa presente un gran vacío en materia de industrialización (Vázquez 2006, 42).

Paradójicamente, la industria de más arraigo y con posibilidades de desarrollo de parte de los agentes económicos nacionales y regionales es la agroindustria:

Si bien existe industria manufacturera desde principios de siglo, como lo fueron las fábricas harineras y textiles, es con los “combinados industriales” creados en el gobierno de Luis Encinas en la década de los sesenta, cuando tomó forma esta rama manufacturera como una de las más integradas en la economía estatal. En este caso, materias primas como el trigo, algodón, ajonjolí, papa, malta, carne bovina y de pescado, leche, se convierten en base primaria de producción para la industria de la transformación. Definitivamente, es la agroindustria el sector de la economía estatal donde mayores posibilidades de integración tienen los agentes económicos nativos de Sonora. Cuentan con experiencia acumulada y su capacidad empresarial es de ese nivel (Vázquez 2006, 44).

De ahí la importancia de la intensificación de la investigación y aplicación de la biotecnología a la agroindustria estatal, puesto que en el contexto de la globalización, la economía ligada a actividades primarias es la más vulnerable a los efectos de la apertura externa, y la actividad que más imaginación y apoyo necesita para salir adelante (ídem).

En un documento presentado el 2013, Copreson y la SE consideran la biotecnología como uno de los sectores con mayor potencial en la entidad, en conjunto con el turismo, la agroindustria y las energías renovables³⁰.

No obstante, las compañías dedicadas a la investigación y aplicación de la biotecnología en Sonora resultan particularmente escasas. Afortunadamente, la observación puntual de los planes de estudio de las universidades e institutos tecnológicos permiten identificar un sector emergente encarnado en ingenierías y programas de posgrado orientadas hacia este sector específico, semillero de futuro capital especializado.

El Itson³¹ (Instituto Tecnológico de Sonora) fue sede en septiembre de este año del Biotechnology Summit 2016, en el cual se contemplaron todas las ramas de la biotecnología (roja, amarilla, azul, verde, café, negra, violeta, blanca, dorada, gris, transparente, iris, índigo, platino y plata)³². Quince áreas dedicadas a un disciplina considerablemente amplia cuyo desarrollo decidirá la evolución de la economía en el siglo XXI (Kafarski 2012, 1).

Localmente, es posible identificar compañías como Biocore, laboratorio de análisis clínicos especializados enfocada en el diagnóstico molecular, y Rubio Pharma, empresa farmacéutica

³⁰ En este mismo documento se manejan como sectores estratégicos el Aeroespacial, Eléctrico-Electrónico, Automotriz, Minero y de las Tecnologías de la Información.

³¹ En el caso del Itson, la oferta académica incluye ingenierías en biosistemas y biotecnología, así como un doctorado en ciencias con especialidad en biotecnología y un laboratorio de biotecnología del recurso microbiano. Por su parte, el CIAD ofrece maestría y doctorado en ciencias. La Universidad de Sonora ofrece la Licenciatura en Biología, y cuenta con un laboratorio certificado de biotecnología de lípidos.

³² Código arcoiris de la biotecnología. Aunque existen varias clasificaciones, ésta es la más popular. Los colores más usados normalmente son rojo, verde, violeta y blanco, pero usualmente se añaden tantos como sean necesarios al no tratarse de una clasificación exacta. Algunas áreas han sido desarrolladas de manera extensiva, mientras otras sólo son ramas en desarrollo o de carácter incipiente.

establecida en 1992 que cuenta con su propio laboratorio de investigación, amén de la planta manufacturera Medtronic en Empalme, en la cual se fabrica tecnología médica para el cuidado y manejo de la enfermedad cardiovascular y Bioderpac S.A. de C.V., subsidiaria de Agrinos (proveedor de insumos biológicos). Ziptek, por su parte, fabrica minúsculos instrumentos médicos necesarios para el cuidado de la salud arterial³³.

El ya mencionado CIAD funciona también como consultor prestando servicios de I+D a distintas empresas, al igual que CIBNOR. Por lo demás, abundan los proyectos y la investigación básica y aplicada, no así las empresas, en parte debido a la escasez de acompañamiento institucional e inversión financiera. Este problema está siendo atacado a través de Sonora Lab³⁴ y la Secretaría de Economía, mediante un programa que integra científicos, investigadores, desarrollo de propuestas, planes de negocio y posibles inversionistas.

Las empresas productivas de perfil agroindustrial de origen local más conocidas son Bachoco, Mezero, Molino La Fama, Valmo y Apro. También destacan las actividades de captura en las aguas del Golfo de California, así como la industrialización de algunas especies, donde la presencia definitiva en términos de propiedad es de empresarios sonorenses (Vázquez 2006, 45).

Algunas de las ramas dominantes en la investigación biotecnológica en la región son la roja (enfermedades y salud humana, médica, diagnóstico e ingeniería de tejidos), amarilla (biotecnología nutricional, alimentos), azul (biotecnología marina, acuicultura, costas y mar, salud y nutrición pesquera, modificación genética, clonación y reproducción de animales acuáticos, control de

³³ Consultar entrevista con el Dr. Ramsés Galáz, fundador de Ziptek, en el apartado de Anexos.

³⁴ En el capítulo 4 se dedica un apartado a Sonora Lab, una iniciativa integradora que busca detonar el ecosistema de innovación en el estado.

plagas y enfermedades pesqueras) y verde (biotecnología agrícola, que comprende desde la producción, proceso y almacenaje de la producción agrícola y ganadera hasta la producción de biocombustibles y el desarrollo de biotecnología sustentable, así como nuevas fuentes de energía).

Sin embargo, también se realiza investigación de biotecnología café (*brown biotech*), blanca, gris y platino, como lo demuestra la producción científica de las instituciones citadas anteriormente.

Este estudio contempla el sector tomado en cuenta dentro del Plan Estatal de Desarrollo como parte de la industria biotecnológica del estado, que corresponde a la industria de fabricación de instrumentos de navegación, medición, control y equipo médico electrónico. El resto del análisis centra el enfoque en los aspectos educativos, institucionales y de I+D del sector biotecnológico, donde actualmente se localiza la mayor concentración de *practitioners*.

Conclusiones

Como resultado del auge industrial maquilador y el crecimiento de la industria metalmecánica, las universidades e institutos tecnológicos de la región enriquecieron la oferta académica con licenciaturas e ingenierías diseñadas para satisfacer la demanda generada (ingenieros industriales, mecánicos, electrónicos, de sistemas, etcétera), y propiciar el aprendizaje tecnológico con el objeto de evitar que la región se convirtiera solamente en una economía de enclave.

Fue precisamente la conjunción de esta riqueza de capital humano especializado en conjunto con negociaciones globales en materia de aviación, la ubicación privilegiada del estado y la selección del sector aeroespacial como área estratégica de crecimiento por la Secretaría de Economía estatal,

que se gestó lo que en la actualidad es una de las cuatro entidades con más industria aeroespacial en el país, y en la que incluso ya se puede hablar de la conformación de un clúster³⁵.

En vista de los nuevos sectores estratégicos y potenciales de la región, la Secretaría de Economía estatal ha puesto de manifiesto la necesidad de impulsar la creación de *clusters*, o conglomerados industriales, tarea que requerirá un alto grado de intervención en términos de políticas públicas.

Atendiendo la evolución económica industrial de la región, caracterizada por ciclos de desarrollo poco articulados y un tanto alejados de procesos endógenos, así como una estructura industrial tecnológicamente heterogénea, destaca la importancia de centrar la mirada en los niveles de integración inter e intra sectoriales, claramente insuficientes.

Es importante considerar que al tratarse de sectores altamente especializados para los que la innovación es crucial, por naturaleza presentan resistencia a imposiciones burocráticas y/o que puedan interferir con los procesos de desarrollo de nuevos productos, por lo que la intención de generar una conversación intersectorial o introducir cambios en la cultura industrial local parece ser una tarea titánica.

Algunas compañías están ubicadas en la misma ciudad, e incluso en el mismo edificio, pero eso no representa necesariamente algún tipo de interacción y/o conversación interdisciplinaria, ingrediente básico para generar innovación incremental y disruptiva. En el caso del sector de las TIC, se presenta de manera muy débil una mayor inclinación hacia una cultura abierta que

³⁵ Dichas entidades son Querétaro, Baja California, Chihuahua y Sonora.

permitiría un mayor índice de clusterización, materializada en congresos organizados por instituciones educativas, cursos creados por organizaciones profesionales y reuniones informales patrocinadas por empresas interesadas en atraer nuevos talentos o nacidas de manera espontánea entre actores centrales de la red.

Un paso inicial para resolver el problema de la falta de interacción entre las empresas dedicadas a estos rubros es la creación de puentes capaces de generar una conversación entre los principales agentes tanto del sector académico como el empresarial y gubernamental, desde foros y congresos orientados específicamente a potenciar estas actividades desde la política pública hasta prestar atención a lo que ya se está haciendo en la materia de manera aislada e informal.

Pasos como estos podrían incentivar una mayor derrama de conocimiento, más innovación y potenciar la transición hacia la producción industrial en términos de diseño, aprovechando la irradiación de progreso técnico y evitando que la bonanza industrial que actualmente caracteriza al estado termine como una nueva maquila, más avanzada e intensiva en el uso de conocimiento, pero maquila al fin.

También es necesario considerar, derivado del recorrido histórico que se realizó a través de los ciclos de la economía sonoreense y el consecuente surgimiento de una red de poder ligada a la agroindustria, que la aversión al riesgo característica de los capitales tradicionales continúa.

Segundas o terceras generaciones de este capital prefieren invertir en un *call center*, que reditúa ingresos estables y seguros, en oposición a invertir en algo “nuevo” o que implique posible pérdida de capital –aun cuando podría derivar en cuantiosas ganancias de tener éxito-, lo que deriva en la

ausencia de industria propia, la falta de departamentos de investigación y desarrollo, la escasa interacción con la academia, la investigación aplicada y la ciencia básica, y la limitación a la repetición de patrones de éxito probado por parte de la IP (por ejemplo, desarrollo de software sólo como *outsourcing* y *offshoring*, pero muy poca inversión en *startups*), y en gran medida también del sector gubernamental, que invierte demasiado poco en desarrollo tecnológico.

El gran problema que se deriva de lo anterior es, por un lado, la ausencia de generación de un ecosistema sólido de investigación y desarrollo, y por ende innovación, apoyado en un esquema institucional, y por otro, el peligro de la generación de economías de enclave, que un día pueden migrar hacia pastos más verdes y pasar sin pena ni gloria por el paisaje sonorenses, como ocurrió (y continúa ocurriendo) con muchas maquiladoras. La eliminación de tratados e incentivos podría significar la desaparición de ventajas para el *offshore*, y el término de muchos contratos.

La cuestión, ya entrados en la segunda década del siglo XXI, es que podría estarse cayendo en un nuevo problema, el de las nuevas maquiladoras de la economía del conocimiento, que si bien utilizan intensivamente sistemas de información y telecomunicaciones (como los *call centers*), en realidad se trata de trabajo similar al de obrero de maquila, sólo que sentado en un cubículo, con un monitor enfrente y un auricular conectado a su oreja mientras aclara monótonamente dudas sobre un plan telefónico o un producto de venta por TV a un residente del sur de California.

La respuesta podría estar, al igual que ocurrió con el caso de la red de proveedores de Ford, en los agentes independientes, quienes deberían tener acceso a acompañamiento institucional y fondos de financiamiento estatales y federales, en lugar de que estos sean absorbidos por las grandes

empresas descritas anteriormente. De igual manera, una política pública orientada a la generación de redes de innovación y trabajo colaborativo en sectores emergentes podría ser de gran ayuda para avanzar en este sentido.

Capítulo 3. Itinerario Metodológico: Una aproximación híbrida al estudio de la calidad de las redes y los fenómenos de emergencia y complejidad del SRI de Sonora.

El primer problema que enfrentó esta investigación es su naturaleza híbrida, es decir, los elementos cuantitativos y cualitativos tomados en cuenta para resolver el problema de investigación. Lo anterior está íntimamente relacionado con la selección de los instrumentos y metodologías de investigación seleccionadas.

Un segundo problema, la amplitud del objeto de estudio - se trata de tres sectores compuestos por un gran número de actores o nodos-, se resuelve seleccionando una muestra inicial de agentes para cada una de las redes dentro del ámbito académico y de investigación, y aplicando el método de

bola de nieve para la generación de nuevos agentes, hasta alcanzar la saturación, es decir, cuando los agentes citados comienzan a repetirse y es posible delimitar el tamaño de la red³⁶. También se incorporó la metodología de redes de escala libre con el fin de tomar en cuenta agentes difícilmente identificables dentro de los métodos tradicionales de generación de redes, en este caso estudiantes de carreras STEM³⁷.

El diseño de la metodología de estudio incluyó un bloque de entrevistas exploratorias, que se aplicaron a agentes seleccionados con base en revisión de información en bases de datos de Conacyt y Reniecyt. La información arrojada por estas entrevistas complementó el diseño del cuestionario de investigación, la selección de atributos y variables, la demarcación de una red inicial por sector y la detección de espacios colaborativos. Una vez elaborado el cuestionario, se envió a una muestra de nodos por sector para la generación de las subredes sectoriales del SRI. La tasa de respuesta fue muy baja, obteniéndose los datos de 8 firmas en el sector TIC, 8 en el sector biotecnológico, y en el caso del sector aeroespacial, de cero³⁸.

³⁶ Para los propósitos de este apartado metodológico se utiliza el sector TIC como referencia, por lo que en el resto del documento se hace referencia solamente a él al ejemplificar las diversas fases de la investigación. De acuerdo con la evidencia recopilada durante el trabajo de campo se hicieron los ajustes correspondientes para el sector aeroespacial y biotecnológico.

³⁷ En un principio del análisis, se buscaba generar redes de estos agentes e incorporarlos en la generación de un modelo adicional al basado en el agente como firma, pero durante el transcurso de la investigación se determinó que dichas actividades se encontraban más allá del alcance de esta investigación en términos de logística, por lo que la observación del comportamiento de estos agentes y su interacción en el SRI se registran como un elemento cualitativo de la investigación, que permite conocer más a fondo las características personales y el comportamiento de los agentes a nivel individuo.

³⁸ La tasa cero en el caso del sector aeronáutico/aeroespacial, así como la dificultad para la obtención de los números telefónicos y correos de los gerentes de planta de las firmas, puede observarse como un indicador más del bajo grado de integración de éstas con la dinámica del SRI. Por otra parte, una muestra pequeña en el caso de los otros sectores no afecta el desarrollo de la red o el modelo, puesto que el objetivo es trabajar con empresas de orientación innovadora en la región, y la realidad es que son escasas. Los instrumentos generados estarán, empero, disponibles para nuevas investigaciones en otros sectores con menor, igual o mayor número de firmas.

El tema de la dimensión interpretativa, aunque elude todo intento de medición, se abordó desde las entrevistas exploratorias, ejercicios de observación no participante en espacios colaborativos, las dinámicas observables generadas en el territorio informacional y la información obtenida a partir del cuestionario de investigación, posteriormente transformada a un modelo de SMA (Simulación Multi Agente).

Cada una de las fases de la investigación, su calendarización y priorización, así como los objetivos de cada una de ellas, se detalla al finalizar el documento, al igual que las principales conclusiones derivadas del trabajo metodológico.

3.1. Análisis de Redes Sociales (ARS) y Sistemas Adaptativos Complejos (SAC)

El tema de redes está necesariamente relacionado -y se deriva de- la teoría de la complejidad. Una red es un sistema complejo. Por tanto, la aspiración al aplicar el tratamiento de ARS a una red debería estar encaminada a, una vez explicadas estructuras, relaciones y mediciones de rigor, penetrar aspectos complejos de la red.

Uno de los principales errores que se cometen al aproximarse a un problema desde el enfoque de redes es pensar en ellas como algo estático, cuando se trata de sistemas dinámicos, en constante cambio y co-evolución. El estudio de los flujos de información/conocimiento, la conversación y la emergencia dentro de redes debe involucrar el análisis masivo de creación de vínculos y nodos tomando en cuenta su naturaleza dinámica.

No existen aún metodologías contundentes para aproximarse a los aspectos complejos de las redes sociales, pero sí una serie de investigaciones encaminadas a explorar esta frontera de la investigación en redes, específicamente en materia de redes de conocimiento e innovación.

El presente trabajo procura, mediante la aplicación de un modelo basado en agentes en el marco de las teorías de SNA (Social Network Analysis) y de los SAC (Sistemas Adaptativos Complejos), identificar redes de innovación y signos de emergencia dentro de la red de agentes locales del sector con el objetivo de facilitar la orientación de políticas públicas para potenciar y/o acelerar dichos fenómenos.

Para ello, nos valemos de la teoría de la complejidad. Los sistemas adaptativos complejos constituyen un campo interdisciplinario de investigación que busca explicar cómo un gran número de entidades simples se organizan entre ellas sin la ayuda de un control central conformando un todo colectivo que crea patrones, usa información, y en algunos casos, evoluciona y aprende (Mitchell 2009), y es cada vez más utilizado para comprender todo tipo de sistemas (Beckenbach et al 2009, Mitchell 2009).

El estudio de los SAC se centra en las propiedades complejas, emergentes y macroscópicas del sistema.

Por su parte, la teoría de SNA (Social Network Analysis) nos proporciona las herramientas necesarias para (1) generar redes híbridas del sector con base en un grupo de variables relacionales, (2) obtener métricas e información sobre la estructura de la red, como los índices de agrupamiento,

centralidad, etcétera y (3) detectar clusters y/o comunidades de práctica, es decir, conjuntos de nodos que colaboran con fluidez en un campo de conocimiento determinado, como el de energías limpias o las enfermedades del camarón.

Ambos enfoques, utilizados en conjunto, permiten poner a prueba nuestra hipótesis, en la que consideramos que no obstante sus capacidades, los agentes que forman parte del SRI operan de manera desarticulada, con un bajo índice de colaboración científica y escasa orientación hacia las prácticas innovadoras, lo que afecta negativamente su eficiencia en términos de salida/*output* satisfactoria.

3.1.2. Enfrentando la Complejidad

Aplicar el ARS al estudio de los SRI como si se tratara de una caja negra, es decir, tomando en cuenta las entradas del sistema y sus salidas, sin asomarse a los procesos que ocurren dentro de la caja, o peor aún, sin verlos desde el punto de vista de los sistemas complejos, sería desperdiciar la oportunidad de posar la mirada en las fronteras de la investigación en este campo, y limitarse a repetir lo que ya se ha hecho³⁹, amén de la posibilidad de iluminar aspectos del funcionamiento de los SRI que permanecen en la sombra.

Beckenbach et al elaboran de manera elocuente sobre este problema:

³⁹ Comentario del doctor Arturo Lara durante la presentación de la tesis “Redes Sociales Online: El caso de los desarrolladores de software del estado de Sonora” durante el Coloquio Extraordinario llevado a cabo en diciembre de 2010 en el Colegio de Sonora (Colson).

(...) no es suficiente relacionar las condiciones regionales (por ejemplo, en términos de regulación política y transferencia de conocimiento en universidades) por un lado, y los resultados (por ejemplo, en términos de innovación, PIB y empleo), por otro. Por el contrario, es necesario analizar de manera más cercana los procesos internos de los Sistemas Regionales de Innovación. Primero, las innovaciones -que representan un modo específico de acción-, no nacen en el vacío ni son generadas automáticamente por condiciones competitivas de mercado. Esta forma de acción requiere agentes dispuestos a innovar y promover las actividades correspondientes (y por tanto abandonar otras formas de acción). Segundo, atribuir la distinción binaria “innovación” versus “no innovación” a estos agentes es demasiado simplista en el contexto de los SRI. Las meras imitaciones difieren de las innovaciones; las innovaciones radicales deben ser distinguidas de las innovaciones incrementales, y las innovaciones individuales difieren de las innovaciones cooperativas. Tercero, múltiples mecanismos de coordinación interactúan en la formación de un SRI: las relaciones de mercado son suplementadas y a la vez estructuradas por las relaciones institucionales, y las relaciones de red funcionan elásticamente entre ambas. Por tanto, el análisis de los SRI de manera más cercana necesita tomar en cuenta los agentes involucrados, sus diferentes modos de acción y su grado de involucramiento en los diferentes mecanismos de coordinación (Beckenbach et al 2009, 60)⁴⁰.

Siguiendo a Beckenbach et al., el eje rector en la elaboración de esta propuesta metodológica lo constituyen (1) los agentes involucrados (2) sus diferentes modos de acción en términos de

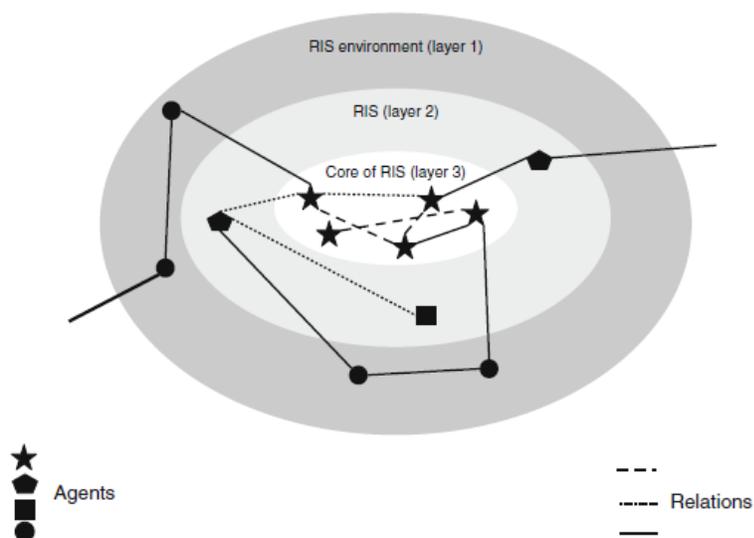
⁴⁰ Traducción propia.

innovación y (3) el grado de profundidad en el que están inmersos en la espiral de intercambio de conocimiento y generación de innovación.

El grado de complejidad es tan grande que naturalmente no se pueden tomar todos los elementos involucrados y estudiarlos sistemáticamente. Lo que sí se puede hacer, y es el camino que toman en Beckenbach et al, es adoptar la perspectiva basada en agentes para determinar la importancia de la proximidad y las relaciones de *networking* para la actividad innovadora dentro de un contexto regional a través de estudios de simulación. Echando mano de la psicología cognitiva, se utiliza una aproximación multimodo de la acción humana para discernir las capacidades, motivaciones y limitaciones de los agentes para actuar en un contexto de red.

Desde este enfoque, se elige ignorar la noción amplia de red, reservando este concepto para una forma particular de hacer las cosas, considerando la “distancia” en términos culturales, espaciales, sociales, tecnológicos o cognitivos a través de los cuales se genera proximidad, cuyo “hábitat natural” es la región.

Gráfica 8. El concepto multicapa del SRI



Fuente: Innovation Networks. New Approaches in Modeling and Analyzing (2011).

Tomando en consideración que los SRI tienen un ambiente específico y una estructura interna diferenciada, pueden distinguirse múltiples capas según el modo de acción de los agentes y su incrustamiento institucional. Cada capa adicional añade por lo menos otro tipo de relación a las existentes (figura 1) y el intercambio entre capas implica una modificación de los estados internos de los agentes como la entidad promotora de los distintos niveles de actividad (Beckenbach et al 2011, 72).

La primera capa (exterior) está dada por atributos políticos (legales), geográficos y culturales que funcionan como el común denominador, bajo el cual los agentes se relacionan de manera muy “suelta” (regida, por ejemplo, por los mercados y procesos políticos regionales). Los agentes en esta capa no están (todavía) involucrados en la actividad innovadora. La segunda capa está definida por estructuras institucionales adicionales relevantes para aquellos agentes dispuestos a innovar⁴¹.

⁴¹ Las bases para estos componentes adicionales son declaraciones o compromisos por parte de un subconjunto de agentes (firmas, políticos y científicos).

Tener una fuerte voluntad para innovar es una condición necesaria (pero no suficiente) para la colaboración y la cooperación en términos de innovación. La tercera capa -el *core* del SRI-, está conformada por agentes que deciden cooperar en la búsqueda e implementación de innovaciones.

Para explicar los modos de comportamiento y acción específica, se utiliza la aproximación de Ajzen⁴², que explica actividades intencionales (actividades resultantes de la intención consciente de hacer algo). Una vez explorada la intencionalidad de innovar del sujeto, se pasa a revisar la intención de conducir dichas innovaciones de modo colaborativo.

El estudio de la dimensión de redes de un SRI implica necesariamente la distinción de dos niveles interdependientes de análisis: la morfología de la red y los estados de los agentes involucrados en las actividades de la misma (ídem, 70). En otras palabras, los múltiples contenidos de las relaciones de la red, como la estructura de la misma.

Al aplicar ARS utilizando este modelo, la atención se centrará en cuatro mediciones: (1) la multiplexidad, (2) el valor de los grafos, (3) la dirección de las relaciones y (4) el *mean degree* o centralidad media:

- (1) La multiplexidad se refiere a la circunstancia de que entre dos nodos (n_i, n_j) puede haber más de un lazo (Wasserman y Faust 2007, 73).

⁴² La teoría del comportamiento planeado (del inglés: TCP) es un modelo general de las relaciones entre actitudes, convicciones, presión social, intenciones y conducta. Fue desarrollado por Martin Fishbein e Icek Ajzen (1975, 1980).

- (2) El valor de un lazo describe la frecuencia y/o intensidad de la interacción (ídem, 140). Con respecto a la relación. El valor k es medido en las unidades de conocimiento transferidas y/o en términos de la frecuencia de la interacción. En caso de multiplexidad, los valores de los respectivos lazos se suman.
- (3) Para ambas mediciones, la multiplexidad y el valor de los lazos, es razonable distinguir entre lazos dirigidos y los no dirigidos.
- (4) El degree mide el número de lazos con los cuáles un agente está conectado a otros. El grado mínimo es 0, si un agente no tiene ninguna conexión. El máximo está dado cuando $d=g-1$, donde g es el máximo número de nodos. La centralidad media de una red comprende la tasa del número de lazos entre los agentes y el número de nodos.

Bajo el modelo de Beckenbach et al, la red del SRI se analiza a través de las subredes conformadas por las distintas capas ya descritas, lo que proporciona información útil sobre los componentes internos de la red y las respectivas salidas resultantes del SRI, permitiendo responder cuántos agentes están conectados en y entre capas y cómo afecta esto el desempeño del SRI, hasta qué punto la estructura de centralidad en el *core* afecta la dinámica de la red y si hay efectos negativos observables.

Es importante destacar que las redes cooperativas conforman un tipo específico de red, en las que:

- (1) no hay asimetrías estructurales en términos de poder entre los agentes de la red
- (2) hay un acuerdo formalizado acerca de las metas de la red y las tareas de los participantes, y finalmente
- (3) el intercambio y generación de conocimiento es una parte importante de las actividades de la red.

Por supuesto, en un estudio de esta naturaleza, la distinción más importante al abordar el conocimiento es la distinción entre público/explicito por un lado y privado/implícito por el otro, y todos los posibles grados entre estos dos atributos extremos. Los costos de adquisición de conocimiento aumentan conforme se pasa de un lado al otro del espectro (efecto de especificidad, mientras que el efecto escala está dado por el número de componentes de conocimiento transferido entre los miembros de la red. Así, en términos de transferencia de conocimiento, tanto el grado de especificidad del conocimiento como el número de componentes de conocimiento influyen los prospectos de eficiencia micro económica de una red (ídem, 73).

Dentro de esta ecuación también entra la confianza, puesto que, por un lado, entre más frecuente sea la cooperación exitosa entre dos agentes, menor será el costo de transacción en términos de encontrar un aliado adecuado, y por el otro, una alianza funcional facilita encontrar nuevos componentes de conocimiento (Noteboom 2002, citado por Beckenbach et al).

En términos formales, esto significa que los costos de transacción (TC) de una red de innovación son la especificidad del conocimiento (s), el número de componentes de conocimiento (q) y la confianza (tr) en términos de la frecuencia de transferencias de conocimiento exitosas en el pasado:

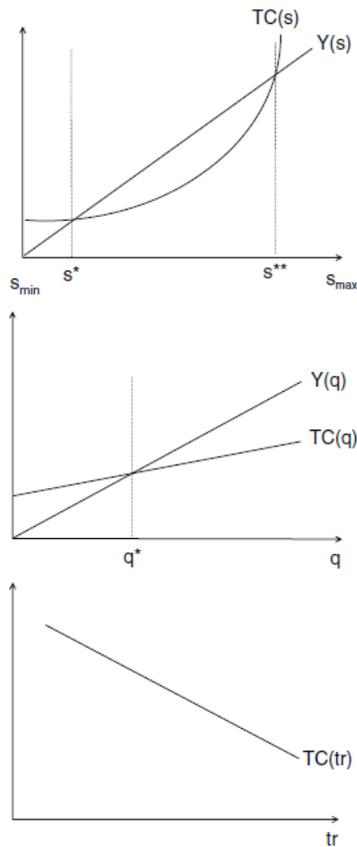
$$TC=f(s,q,tr)$$

El alcance que puede esperarse de dicha red de innovación (Ycop) está influido por los mismos argumentos:

$$Ycop=g(s,q)$$

Los efectos de dichos factores están representados en la figura 9.

Gráfica 9. Representación gráfica de los factores que influyen la eficiencia micro económica de la red.



Fuente: Understanding Complex Systems. Beckenbach et al (2011).

Los factores que intervienen en la eficiencia microeconómica de la red no son transparentes para los agentes. Pueden llegar a ser conscientes de ellos, pero esto depende de factores como el tiempo y sus trayectorias particulares.

Tomando en cuenta estas particularidades de las redes de innovación, Beckenbach et al. propone que las condiciones micro económicas generales para el ambiente de *networking* pueden especificarse de la siguiente manera:

- (1) La condición de *triggering* comprende no sólo la voluntad de innovar, sino más específicamente una combinación de habilidades individuales y un ambiente competitivo que conduce a una preferencia por la actividad de cooperación innovadora.
- (2) La condición de *matching* o emparejamiento implica una correspondencia entre el agente con iniciativa innovadora buscando nodos de cooperación o *networking* y las capacidades de conocimiento de dichos nodos.
- (3) La condición de intercambio está relacionada con la transferencia de diferentes tipos de conocimiento, y finalmente
- (4) La condición de replicación está constituida por la memoria y comunicación de la actividad de red que conduce a reforzar o estimular la red.

3.1.2.1. El modelo de simulación

Al pasar al modelo de simulación, es necesario adentrarse en el estudio de los agentes, sus estados variables y un conjunto de parámetros de comportamiento:

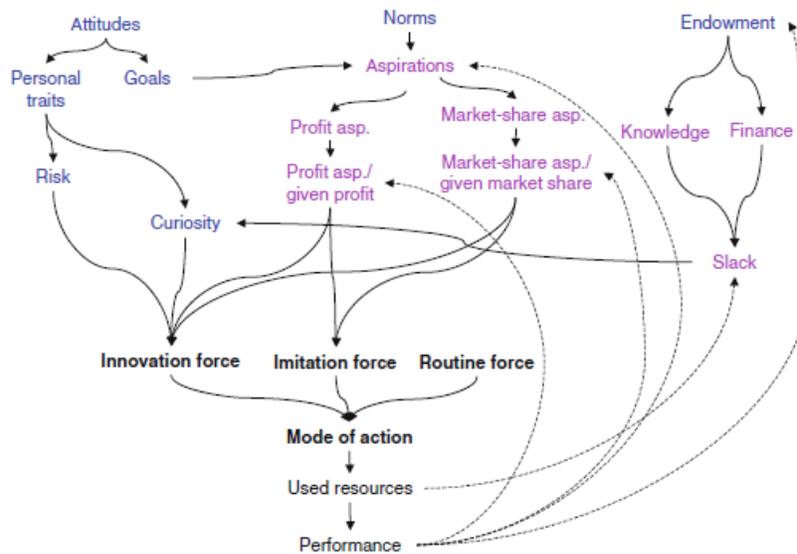
- (1) Los agentes poseen recursos financieros y cognitivos, que les confieren mayor o menor control sobre el ambiente en el que operan. Los recursos cognitivos comprenden principalmente conocimiento procedural y declarativo. El conocimiento procedural está relacionado con la habilidad del agente para perseguir distintos modelos de acción. El

conocimiento declarativo se refiere a las actividades en las que el agente se desenvuelve o participa.

- (2) Están determinados por actitudes, las cuales juegan un rol esencial. Además de la aceptación del riesgo y la curiosidad como características personales básicas, las metas de los agentes se consideran un elemento importante en la actitud.
- (3) Como lo sugiere el ARS, los agentes son entidades embebidas socialmente e influenciadas por grupos próximos de referencia o experiencias de interacciones pasadas.

En este contexto, los modos de acción son la rutina (el modo *default*), la imitación y la innovación. Estos dos últimos modos requieren no sólo esfuerzos cognitivos, sino también recursos de tiempo y financieros. El costo temporal y financiero de un proyecto de imitación es inferior a uno de innovación.

Gráfica 10. Diagrama de cadena causal para seleccionar un modo de acción



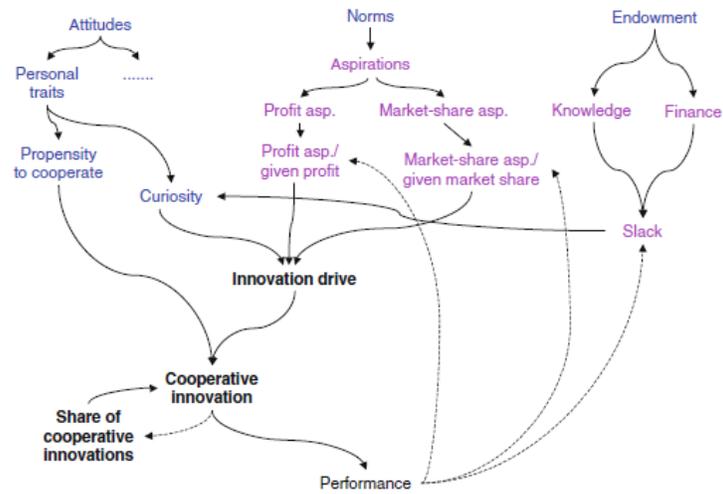
Fuente: Understanding Complex Systems. Beckenbach et al (2011).

En la figura 10 pueden apreciarse las distintas condiciones que activan los diferentes modos de acción, y la retroalimentación bajo estas condiciones del desempeño económico, tal como está implementado en el modelo de Beckenbach et al. Una vez que se ha elegido la opción de la innovación todavía se tienen dos opciones, iniciarla por sí mismo o buscar la colaboración con otros actores. Aquí es donde entra la innovación cooperativa, y sus importantes implicaciones para la red. En este caso, nos interesa la cooperación específicamente para el desarrollo de una innovación (no la cooperación posterior, necesaria para compartir costos de producción, etcétera). Este proceso involucra el intercambio de conocimiento compartido entre los miembros. Las condiciones que activan la cooperación para el desarrollo de innovaciones se derivan de (1) la síntesis del comportamiento y (2) observaciones empíricas.

Ambos problemas se resuelven en el curso de esta investigación vía la aplicación de un instrumento en el que se incluyen aspectos de comportamiento, actitud e intencionalidad con respecto a la

generación de innovaciones y posturas (reconocidas o no) respecto a la importancia de los procesos de conversación e interpretación, así como la observación no participante dentro de distintos contextos.

Gráfica 11. Condiciones que activan la cooperación innovadora



Fuente: Understanding Complexity (Beckenbach et al)

La simulación utilizando el modelo basado en agentes para un SRI muestra la emergencia de patrones como resultado de los diferentes modos de acción y como consecuencia, la dinámica en las diferentes capas del mismo. Estos patrones generados a nivel regional (meso) “crecen” a partir de las dinámicas de comportamiento de los individuos (nivel micro), quienes transitan continuamente entre los diferentes modos de acción. Los patrones a nivel meso comprenden distintas rutas de evolución para los diferentes elementos de la red. Un análisis de sensibilidad basado en los parámetros para la cooperación innovadora revelan, por otra parte un “*network landscape*” o paisaje de la red, detrás de las dinámicas observables del SRI. Ampliar la perspectiva

de una trayectoria singular a la inclusión de este paisaje arroja, según Beckenbach et al, luz sobre las condiciones para un buen desempeño de la red, en términos de la constelación de parámetros.

En consecuencia, tal simulación puede significar “un punto de partida para mejorar el desempeño de la red y sus subredes de abajo hacia arriba, lo que contrasta marcadamente con la acostumbrada perspectiva de la optimización de arriba hacia abajo en la investigación de redes, y la correspondiente perspectiva para diseñar e incluso planear un SRI” (Beckenbach et al 2011, 97).

3.2. Selección de Muestra y Población

Ante la gigantesca población de agentes posibles, se atiende la recomendación de Clark: “Lo importante es tener una muestra suficientemente representativa para que el gráfico muestre tendencias e identifique tanto a los actores más importantes como a los que se encuentran aislados, teniendo el cuidado de no tomar una muestra demasiado grande que resulte en grafos muy complejos y difíciles de descifrar” (Clark 2006, 7).

Así, el criterio primario de selección de nodos a observar y/o encuestar o incluir en el modelo se define a partir de una exploración de las bases de datos de CONACYT y RENIECYT, sitios electrónicos de IES y PROMEP, con el objeto de ubicar agentes colocados en el espectro innovador, es decir, sujetos ganadores de estímulos y fondos a la innovación y/o patentes.

Los criterios secundarios están definidos por atributos considerados pertinentes para efectos de la investigación. Destacan los siguientes, ordenados por tipo de actor:

Cuadro 3. Atributos para la selección de nodos macro

ACADEMIA	Ofrece carreras relacionadas con el sector y/o STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics).
GOBIERNO	Proveen asistencia económica, asesoría o de cualquier tipo a empresas de corte innovador.
EMPRESA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Han recibido apoyo económico de Conacyt/Prosoft/SE/otros y/o incentivos fiscales por ser sector estratégico. 2. Son <i>spinoff</i> de una institución educativa 3. Tienen departamento de ID 4. Han presentado u obtenido patentes 5. Adscritas a Reniecyt

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4. Atributos para la selección de nodos micro

ACADEMIA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Participa en asociaciones profesionales relacionadas con el sector 2. Enseña materias claramente enfocadas a los sectores estudiados 3. Publica papers y es investigador activo de temas relacionados con el sector STEM 4. Estudiante destacado de carreras STEM
GOBIERNO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tiene a su cargo oficinas y/o departamentos dedicados a los sectores de estudio. 2. Participa en decisiones políticas relacionadas con aspectos de innovación a nivel estatal. 3. Juega un rol activo y/o se involucra dentro de las distintas iniciativas presentadas por Empresa y Academia.
EMPRESA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Participa activamente en asociaciones

	<p>profesionales y/ grupos de discusión relacionadas con TIC y STEM</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Es invitado a dictar conferencias y talleres en universidades, congresos y simposios. 3. Es organizador, catalizador o director de áreas de vinculación, R&D e innovación. 4. Egresado de universidades y colegios locales que ha trabajado o trabaja en el extranjero o viceversa. 5. Es fundador, cofundador o CEO. 6. Ha presentado u obtenido patentes.
--	--

Fuente: Elaboración propia.

La inclusión de nodos que cumplan con uno o más criterios secundarios aunque no aparezcan en los listados oficiales anteriormente descritos evita la omisión de actores cuyo trabajo no ha sido reconocido formalmente, o agentes de innovación detrás de los reflectores. Para identificarlos, se recurre a los registros de la Secretaría de Economía, Prosoft, Foro Consultivo, revisión de notas periodísticas, así como a la técnica de bola de nieve⁴³.

Esta técnica se aplica tras obtener las respuestas al cuestionario de investigación a cada uno de los nodos base, de manera que se generen los nodos suficientes hasta llegar a la saturación. Alternativamente, se emplea la metodología de redes de escala libre mediante el análisis de la red social twitter para descubrir nodos que también pueden ser de interés, especialmente entre la población joven.

Este tratamiento se aplica a un grupo limitado de nodos identificables de la triple hélice (academia, gobierno, empresa) y actores independientes relacionados con STEM para identificar nuevos nodos y complementar el método de bola de nieve, aunque es importante precisar que, a diferencia

⁴³ El muestreo de bola de nieve es una técnica de muestreo no probabilístico utilizada para identificar a los sujetos potenciales en estudios en donde los sujetos son difíciles de encontrar. (Notas del taller de Análisis de Redes Sociales y Capital Social, impartido por Alan Navarro en el Colegio de Sonora (Colson) durante el primer semestre del 2015).

de otras regiones, en Sonora son pocos los que utilizan las redes sociales como herramienta colaborativa.

3.2.1. Delimitación temporal y geográfica

La frontera de la red está delimitada por la tasa de respuesta a la solicitud de aplicación del cuestionario de investigación. Por cuestiones técnicas, en principio el cálculo de redes de escala libre se restringe a no más de 2 mil nodos, pero tras la limpieza y codificación de nodos relevantes, se espera una red de no más de 300 actores.

En cuanto a la delimitación temporal, el tratamiento de la información se efectúa con actores activos durante el período 2014-2017, que es el tiempo designado para trabajar en esta investigación. Sin embargo, dada la naturaleza del estudio, frecuentemente se vuelve la mirada al pasado y se asoma al futuro. Las redes no están dadas, no son estáticas ni ocurren en el vacío: son el resultado de décadas de relaciones y nodos en continuo movimiento.

Por lo que respecta a la delimitación geográfica, a pesar de que se hace referencia al estado de Sonora, se toma como región las cuatro ciudades con mayor actividad económica: Nogales, Guaymas, Obregón y Hermosillo, cuyas empresas, universidades e instituciones son tomadas en cuenta en esta investigación en la medida que contribuyen a la generación de nuevo conocimiento⁴⁴.

⁴⁴ En este punto vale la pena señalar la importancia de la estimulación de proyectos como el de la megaregión Sonora-Arizona, y la inclusión de éste como parte de futuras investigaciones del Sistema Regional de Innovación.

3.3. Entrevistas exploratorias y Observación No Participante

La realización de entrevistas exploratorias arroja información valiosa para la planeación y construcción del instrumento de investigación aplicado al universo de agentes. Éstas se aplican de manera semiestructurada, con el fin de absorber toda la información posible sin restringir demasiado la conversación, en igual número para cada uno de los sectores. La transcripción se añade a manera de anexo a esta investigación.

El recurso de la entrevista es importante para esta investigación en la primera fase (exploratoria) y para el diseño del instrumento de recolección de datos. La entrevista cualitativa tiene como propósito (1) obtener información en relación con un tema determinado (2) se busca que la información recabada sea lo más precisa posible (3) se pretende conseguir los significados que los informantes atribuyen a los temas en cuestión y (4) implica que entrevistador debe mantener una actitud activa durante el desarrollo de la entrevista, en la que la interpretación sea continua con la finalidad de obtener una comprensión profunda del discurso del entrevistado (Díaz Bravo et al, 2013).

Las entrevistas semiestructuradas presentan un grado de mayor flexibilidad debido a que parten de preguntas planeadas, que pueden ajustarse a los entrevistados. Su ventaja es la posibilidad de adaptarse a los sujetos con enormes posibilidades para motivar al interlocutor, aclarar términos, identificar ambigüedades y reducir formalismos. Se considera que estas entrevistas ofrecen un grado de flexibilidad adaptable, a la par que mantienen suficiente uniformidad para alcanzar interpretaciones acordes con el propósito de estudio (ídem).

La observación no participante se realiza con el fin de absorber aspectos culturales y conversacionales que eluden la descripción por parte de los agentes, a quienes les resulta difícil conceptualizar algunos aspectos de las relaciones que sostienen con sus *peers* día a día, por lo que se plantean observaciones sistemáticas dentro de distintos escenarios colaborativos.

Como su nombre lo implica, la observación no participante implica observar sin involucrarse, limitándose a tomar nota y registrar lo observado. Este tipo de observación puede ser directa o indirecta, pero en el caso de esta investigación se echa mano de las dos, puesto que tanto se realizará observación en los lugares de reunión como de algunas fuentes documentales, especialmente digitales (*logs* de *twitter*, grupos de *facebook*, transmisiones por *Periscope*, canales de *YouTube*, etcétera).

La observación no participante es un método de recolección de datos usado extensivamente en la investigación de estudios de caso en los que el investigador se adentra en un sistema social para observar eventos, actividades e interacciones con el objetivo de obtener comprensión directa de un fenómeno en su contexto natural (Liu y Matlis, 2010). En nuestro caso, la observación se realiza de modo abierto, puesto que los sujetos de estudio saben que se está presente con el objeto de realizar una investigación, excepto en los casos en que la observación se realiza en línea.

Cuadro 5. Reactivos Guía para Entrevista Semiestructurada

1. Vamos a platicar un poco sobre innovación. ¿Me podrías platicar un poco sobre cómo concibes el tema? ¿Qué es la innovación para ti?	6. ¿Podrías elaborar sobre los problemas específicos en materia de innovación que enfrenta el sector en el estado, y aún más específicamente, en tu empresa, escuela, institución?
--	--

<p>2. ¿Consideras que existen ingredientes necesarios para que aparezca la innovación? ¿Cuáles son estos? ¿Podrías señalarlos en términos de Academia-Gobierno-Empresa?</p>	<p>7. ¿Cómo describirías tu estilo de trabajo en términos de cooperación con tus <i>peers</i>? ¿Sostienes contacto a menudo con ellos en espacios públicos?</p>
<p>3. ¿Qué opinas del estado en el que se encuentra la innovación tecnológica en el sector en el estado de Sonora?</p>	<p>8. ¿Crees que la falta de cooperación científica y tecnológica entre <i>peers</i> pueda estar afectando el desarrollo de la innovación en el estado? Opcional: ¿Es un factor cultural?</p>
<p>4. ¿Consideras que esta situación podría mejorarse? ¿Sí? ¿No? ¿Cómo?</p>	<p>9. ¿Podrías mencionar algunos espacios/eventos de convivencia entre <i>peers</i> que se realicen periódicamente en el sector? ¿A cuáles de ellos has asistido o planeas asistir? Si a ninguno, ¿por qué razón?</p>
<p>5. Cuéntanos tu experiencia personal en materia de innovación. ¿Has participado o visto de cerca el desarrollo de un producto innovador? ¿Cómo fue? ¿Qué obstáculos se presentaron?</p>	<p>10. Algunos expertos opinan que las actividades interpretativas que se dan en el marco de la conversación generada en el espacio público entre <i>peers</i> es una de las dimensiones perdidas de la innovación. ¿Qué opinas al respecto?</p>
<p>11. ¿Cuáles consideras que son las empresas más innovadoras del sector en Sonora?</p>	<p>12. ¿Tres materias clave de tu carrera?</p>
<p>13. ¿Qué actores (academia, empresa, gobierno) clave podrías mencionar o consideras que están haciendo algo que vale la pena para mejorar las condiciones del desempeño del SRI?</p>	<p>14. ¿Puedes citar a tus tres mejores maestros?</p>
<p>15. ¿Sostienes comunicación por correo electrónico con tus <i>peers</i>? ¿Con qué frecuencia? ¿Qué tipo de comunicación entra en este intercambio?</p>	<p>16. ¿Cultiva algún tipo de cooperación científica o técnica con tus <i>peers</i>? ¿De qué tipo? ¿Con qué frecuencia? ¿Puedes citar un ejemplo? (paper, laboratorio, asesoría, asistencia, coaching, materiales, información importante para la industria)</p>
<p>17. ¿Qué tipo de ambientes te parecen más propicios para colaborar? ¿Cuáles te parece que propician, o inhiben la conversación?</p>	<p>18. ¿Te interesa innovar? ¿A tu empresa (institución, escuela) le interesa innovar? ¿En qué nivel dentro de la escala de innovación crees que se ubica (imitación, incremental, disruptiva)? ¿Es individual o colaborativa?</p>
<p>19. ¿Eres averso al riesgo?</p>	<p>20. ¿Te consideras una persona curiosa?</p>

3.4. Diseño del Instrumento de Investigación

El diseño del instrumento de investigación está directamente relacionado con la recopilación y análisis de información durante la fase de entrevistas exploratorias y observación no participante, así como las necesidades específicas en términos de *input* para la construcción de (1) la red de innovación dentro de los tres sectores propuestos y (2) la construcción de un modelo basado en agentes.

Al no tener acceso al cuestionario de investigación utilizado para implementar el modelo de Backenbach et al, se recurrió a la revisión de diversos textos científicos⁴⁵ publicados con anterioridad por los autores de éste, con el fin de conocer de manera aproximada el origen y formulación de las variables utilizadas en el modelo, así como la lógica subyacente.

3.5. Variables asociacionales de la red

En esta investigación se trazan redes tridimensionales o *multiplex* dada la naturaleza múltiple de las relaciones entre nodos, asociadas a una base de datos de atributos obtenidos a partir del cuestionario de investigación. La selección de variables asociacionales, en virtud de que se trata de grupos de nodos heterogéneos, es relativamente compleja.

⁴⁵ Específicamente, la disertación de María Daskalakis (compuesta por artículos en inglés y alemán) y el paper "Behavioral foundation and agent based innovation of regional economic dynamics", publicado por Beckenbach, Briegel y Daskalakis.

Para efectos de nuestra investigación y la formación de nuestra red, interesa saber qué firmas forman parte de grupos de investigación STEM, quiénes han colaborado en publicaciones científicas, quiénes comparten laboratorios, instalaciones, materiales o cualquier tipo de recurso, quiénes se reúnen periódicamente, y quiénes comparten frecuentemente información.

Por lo tanto, las siguientes variables de asociación se utilizan para modelar nuestras redes de innovación:

STEM RESEARCH: Lazo de pertenencia a un grupo de investigación.

COAUTORIA: Lazo de redacción conjunta de un artículo de investigación.

LAB SHARING: Lazo que indica que se comparten laboratorios, instalaciones, materiales.

MEETINGS: Lazo que indica reuniones periódicas formales o informales.

INFO SHARING: Lazo que indica intercambio frecuente de información relevante.

El modelado de redes se realiza utilizando el software Ucinet 6.0, en el que se crea una matriz por cada variable relacional. Para cada nodo se solicita información de los tres principales agentes con los que se interactúa, especificando la naturaleza confidencial de esta información, que sólo se utilizará para tratamiento de análisis estadístico.

La base de datos de atributos por nodo, es decir, la información que requerimos recabar para cada agente que compone nuestra red, se define a continuación:

Cuadro 6. Descripción de Atributos por nodo

DIMENSIÓN	VARIABLE	DESCRIPCIÓN
INNOVACIÓN	PATENTES	Ha solicitado u obtenido registro de una o más patentes, modelo de utilidad, diseños industriales
	PAPERS STEM	Ha publicado papers relacionados con STEM
	ESPECIFICIDAD DEL CONOCIMIENTO	Especialidad o especialidades que domina. Quiere crear nuevas necesidades o desarrollar nuevos mercados.
	NIVEL DE ASPIRACIÓN	
CONVERSACIÓN	ASOC PROF	Pertenece a una o más asociaciones.
	CONGRESOS	Participa en Congresos del sector.
	AGRUP INDEP	Acude a reuniones del sector
	TALLERES	Participa en talleres.
	GRUPO DE DISCUSIÓN	Participan en grupos de discusión en cualquier tipo de plataforma en línea.
	TUTORIALES GR	Siguen tutoriales grupales.
CONF/CHARLAS	Asisten a conferencias o charlas organizadas por actores del sector.	
INTERPRETACIÓN	INTERDISCIPLINA	Domina más de una disciplina científica
	FOLLOW UP	Continuidad a la conversación
	AWARENESS	Observa y analiza el entorno local/global de su disciplina
	HIPERESPECIALI	Profundiza en sus conocimientos
	ABSTRACT	Realiza abstracciones
RASGOS PSICOLÓGICOS	ACEPTACIÓN DEL RIESGO	Acepta altos niveles de riesgo con posibilidad de altas ganancias o prefiere un riesgo moderado.
	INCLINACIÓN POR LA EXPLORACIÓN	Se considera creativo y dispuesto a experimentar.
	PROPENSIÓN POR	

	COOPERAR CONFIANZA HACIA EL COLABORADOR	¿Está involucrado en innovaciones cooperativas? ¿La cooperación es con un socio regional, nacional? Nivel de asistencia con los socios cooperativos.
--	--	---

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en el cuadro 6, el fin último es conocer las características y atributos individuales del agente, pero al escapar lo voluminoso de dicha investigación el alcance de esta tesis, dichos atributos se abstraen a nivel firma como agente económico, agrupando así a los individuos que forman parte de ésta.

3.6. Análisis de variables de innovación del SRI como un sistema complejo

En “Gödel, Escher, Bach. Un Eterno y Grácil bucle”, Hofstadter nos habla de la complejidad desde las matemáticas en el teorema de Gödel, desde el arte del dibujo en la obra de Escher, y desde la música, a través de las fugas de Bach.

¿Qué es la complejidad, o el momento de la complejidad, sino ese punto en el espacio tiempo en el que el todo deja de ser simplemente la suma de sus partes, para convertirse en algo más, en algo diferente, nuevo, emergente? ¿Cómo podemos analizar de manera efectiva las redes que conforman un Sistema Regional de Innovación (SRI) sino a través de la lente de los sistemas complejos? Mejor aún: ¿Cómo podemos analizar las variables que intervienen en este complejo entramado de relaciones al que llamamos SRI? ¿Qué variables son relevantes?

La propuesta metodológica de los manuales de Oslo y Bogotá en materia de redes de innovación básicamente puede resumirse en la “ayuda” como variable relacional del conocimiento. ¿A quién se pide ayuda? ¿Qué tipo de ayuda se obtiene? ¿Con qué periodicidad? ¿De qué nivel? Se trata de un indicador interesante y útil. Nos permite estar al tanto de la identidad, intensidad y naturaleza de la colaboración entre una red finita de nodos. La caracteriza, clasifica y encuadra dentro del marco de análisis de redes sociales.

Gracias a este tipo de análisis podemos saber quiénes colaboran más entre sí, y, por ejemplo, qué agencias gubernamentales o entidades educativas tienen mayores niveles de colaboración con las corporaciones, información obtenida generalmente a partir del llenado de encuestas y cuestionarios en los que se rellena una casilla de sí o no.

Sin embargo, a pesar de la utilidad de este tipo de investigación, se considera insuficiente para los fines de esta tesis, que persigue (1) caracterizar las redes del SRI local, (2) demostrar que su desarticulación afecta negativamente el desempeño del SRI y por tanto la generación de innovación y (3) ubicar con precisión los segmentos de la red con mayor número de nodos con inclinación natural a innovar, y por tanto a la conversación, la interpretación, mantener los canales de comunicación abiertos y ciertamente, inclinación y gusto por el riesgo, curiosidad y creatividad como rasgos de personalidad.

Considerando que la generación de innovación está estrechamente relacionada con su dimensión conversacional e interpretativa, resulta apremiante penetrar los canales de comunicación, ir más allá del sí o el no, descubrir qué es lo que viaja por esas redes, si la colaboración es o no una

colaboración real, significativa. ¿En qué consiste? ¿Reuniones una vez a la semana? ¿Una vez al mes? ¿E-mails? ¿Proyectos conjuntos? ¿Experimentos? ¿Simposios? ¿Chats? ¿Social media? ¿Pláticas interminables entre *peers* acompañadas de una o muchas cervezas?

Aunque las variables relacionales clásicas son importantes, la literatura revisada (Ostrom 2010, Pika y Scharnhorst 2009) y las actividades de observación parecen denotar que la búsqueda de las variables clave para conseguir nuestros objetivos radican, más que en el análisis tradicional de redes, en la atención a los rasgos psicológicos y cuestiones de intencionalidad de los distintos nodos, sus concentraciones particulares a lo largo y ancho de la red, y la búsqueda de patrones que podrían significar emergencia.

El formato del instrumento de investigación o Cuestionario A se incluye anexo en PDF y fue generado utilizando Google Forms⁴⁶. A continuación se incluye el trazo básico de las dimensiones y variables que se quieren conocer a través de este cuestionario, redactadas de manera simple y antes de traducirlas en una pregunta. Posteriormente, este cuestionario se descartó y se generó uno nuevo en LimeSurvey Professional, el cuestionario B, el cual fue aplicado solamente a empresas.

Con la ayuda de este cuestionario se generan datos empíricos para las variables de asociación descritas en el apartado metodológico, así como los tres principales nodos con los que se conecta el encuestado, y una serie de atributos (variables) necesarios para la generación del modelo de

⁴⁶ Como consecuencia de la aplicación de un cuestionario piloto y las dificultades que reportaron algunos sujetos, se hicieron modificaciones tanto a la estructura del cuestionario, como a la redacción de algunas preguntas, con el objeto de reducir posibles confusiones. El segundo cuestionario –dirigido solamente a firmas-, se aplicó de manera homogénea, sin ningún tipo de modificación.

simulación multi agente, entre ellas el nivel de confianza regional (tr), nivel de conocimiento declarativo, flexibilidad de adaptación, etcétera.

El instrumento no se aplicó de manera masiva, solamente a las empresas candidatas (que respondieron al cuestionario, lo cual redujo aún más la muestra), y a partir de un nodo base por sector y tipo de actor se generaron ramificaciones de la red en la medida en que se sumaban las respuestas al cuestionario.

Cuadro 7. Trazo básico del Cuestionario A

Nombre:

Edad:

EDUCACIÓN

	INSTITUCIÓN	GRADO OBTENIDO
SUPERIOR		
POSGRADO		

TRAYECTORIA PROFESIONAL

AÑO	LUGAR DE TRABAJO	PUESTO

DIMENSIÓN 1: INNOVACIÓN	DIMENSIÓN 2: CONVERSACIÓN	DIMENSIÓN 3: INTERPRETACIÓN	DIMENSIÓN 4: RASGOS PSICOLÓGICOS
(nivel de interés en innovación, tipo de innovación de interés, ha innovado, tipo de innovación, aprendizaje constante (lifelong learning)	(social media, pertenece a asociación, asiste a meet ups formales, asiste a meet ups informales, asiste a eventos organizados por el gobierno, asiste a eventos	(prosigue la conversación una vez iniciada, fusiona disciplinas, observa y analiza el entorno, estudia el sector, profundiza conocimientos, aprovecha	(ha emprendido una empresa o negocio, planea emprender una empresa o negocio, ha invertido en una empresa o negocio nuevo, planea invertir en

<p>skills), ha presentado un proyecto, ha recibido apoyos para un proyecto, ha presentado una patente, se le ha otorgado una patente, realiza labores de R&D, domina ciencia básica), SNI</p>	<p>organizados por la academia, asiste a eventos organizados por la empresa, asiste a eventos transdisciplinarios) Si asiste a meet ups: ¿Habla siempre con la misma gente o conoce a nueva persona, inicia una nueva conversación? ¿A más de una? ¿En qué tipo de escenario es más posible que establezca nuevas interacciones? Cooperación científica y tecnológica (paper, mentoring, asesoría, intercambio de materiales, intercambio de información, uso de laboratorio, intercambio de libros) Universidades con las que interactúa, entidades de gobierno con las que interactúa, asociaciones profesionales, organizaciones informales etc con las que interactúa, tipo de interacción, frecuencia diáspora.</p>	<p>el conocimiento tácito, realiza abstracciones, al día en estado del arte)</p>	<p>una empresa o negocio nuevo, ha incursionado en un nuevo giro de negocio, cambia frecuentemente de empleo, busca nuevos horizontes, ha dejado todo siguiendo una corazonada, riesgo calculado)</p>
---	--	--	---

Fuente: Elaboración propia

De nuevo, en el cuadro 7 se describe la información que busca recabarse dentro de cada dimensión a nivel nodo individual. En el Cuestionario B simplemente se extrapolan estas preguntas a nivel firma (o nodo grupal), añadiendo información económica relevante (utilidades actuales, deseadas, aspiración de cuota de mercado, etcétera), aunque de manera mínima, pues el enfoque se centra en el comportamiento de los individuos. El cuestionario B se incluye dentro del apartado de Anexos.

3.6. Tomando el pulso de la Conversación

Una vez resueltos los problemas de población, muestreo y selección de atributos y variables, es decir, la selección de nodos, las relaciones entre estos nodos y su estructura funcional, queda pendiente la cuestión de los flujos de información. ¿Qué cosa recorre, va y viene a través de dichas

conexiones? ¿Con qué frecuencia? ¿En qué contexto? ¿Se trata de información inconexa, datos aislados? ¿Es conocimiento altamente codificado? ¿Tácito, explícito? ¿Valioso, desechable?

Por supuesto, muchos de estos datos son imposibles de conocer a través de la sola entrevista, o la sola aplicación del instrumento de investigación o el posterior análisis de la red. Se trata de un ejercicio de triangulación en el que se revisan los datos arrojados por los diversos métodos y se analiza el modelo conversacional/interpretativo prevaleciente en el SRI local.

3.6.1. Escenarios de análisis conversacional/interpretativo

Para ello, es de mucha utilidad el empleo de la técnica de ONP dentro de diversos escenarios en diversos contextos, desde conexiones informales de un grupo de entusiastas de las tecnologías de la información en facebook hasta las interacciones presentes en el escenario semi formal de un congreso de ingeniería y tecnologías de la información. Durante el ejercicio de observación se ubica la acción de interacción dentro del contexto correspondiente, observando además los aspectos de intencionalidad y comportamiento detallados en Beckenbach et al.

Cuadro 8. Escenarios de análisis

	CONTEXTO FORMAL	CONTEXTO INFORMAL
CONOCIMIENTO TÁCITO	FORMAL/TÁCITO	INFORMAL/TÁCITO
CONOCIMIENTO EXPLÍCITO	FORMAL/EXPLÍCITO	INFORMAL/EXPLÍCITO

Fuente: Elaboración propia

El cómo ocurre este proceso conversacional y de interpretación, si es que ocurre, se estudia a través de la visita estructurada y observación directa de la conversación que se verifica entre agentes del

sector ubicados dentro de los cuatro cuadrantes mencionados (contextos formales, informales, etcétera).

Cuadro 9. ONP para los sectores estudiados

TIC	BIOTECNOLÓGICO	AEROESPACIAL
Django Girls (Nearsoft)	1er Congreso de Ingeniería Biomédica en Hermosillo (ITH)	
Startup Weekend Guaymas	Biotech Summit 2016	
Nearsoft Summer Talks	Sonora Labs	Sonora Labs
Reuniones de ASPTICS		
Congreso PROXY (ITH)		
Thirsty Thursday (startup)		
Club de programadores de Obregón		
Hackers & Founders		
Startups HMO		
Sonora Talks		

Fuente: Elaboración propia.

La selección del cuadro 9 muestra los diversos escenarios de conversación en el espacio público mencionados por los entrevistados y/o encuestados. Se asistió a varios de ellos, con el objeto de observar las interacciones de los agentes y generar una clasificación (formal, informal, conversación dirigida o no dirigida, etcétera).

La función de este ejercicio es aportar elementos de análisis para determinar la calidad de las redes y la funcionalidad de la conversación en el SRI local, de otra manera inaccesibles para el investigador.

3.7. Fases de la Investigación

La fase uno de este estudio se centra en (1) identificación de actores o nodos según criterios descritos en el apartado de Muestra y Población (2) solicitud de entrevistas y permisos de visitas para ONP (3) aplicación de entrevistas exploratorias y transcripción correspondiente (4) realización de ejercicios de ONP y descripción correspondiente.

Esta fase se desarrolla de acuerdo a la disponibilidad de los agentes. La aplicación y observación está sujeta a fechas disponibles, por lo que algunas quizá se hagan en tiempos posteriores a la fase 1, especialmente por cuestiones logísticas.

La fase uno se completa al tener (1) identificados los actores de la red base y los espacios de colaboración sujetos a ONP (2) suficientes entrevistas exploratorias por sector⁴⁷ (3) suficientes ejercicios de ONP por sector y (4) transcripción de entrevistas completas y descripción de ONP en trabajo de campo.

Con dicha información, se procede a la fase dos, en la que se pasa al análisis de la información recopilada, la selección y operacionalización de variables y el diseño del cuestionario de investigación, mismo que se envía al universo de actores seleccionados.

La aplicación del instrumento de investigación a este universo marca el inicio de la fase 3, en la que se reciben los cuestionarios, se codifica una matriz unificada y se genera una base de datos con los atributos de los nodos, para proceder al Análisis de Redes Sociales.

⁴⁷ No se especifica un número porque se buscará alcanzar la saturación.

La fase 4 corresponde al traslado de la información recopilada a través del cuestionario de investigación y concentrada en la base de datos a un modelo de SMA (Simulación Multi Agente) o ABM (Agent Based Modeling). Esta fase involucra el análisis y diseño de pseudocódigo, un algoritmo y finalmente un programa codificado en NetLogo, el cual se nutre de información empírica con el objeto de simular los procesos microeconómicos dentro del SRI.

La fase 5 remite al análisis conjunto de la información recopilada vía los diversos instrumentos de investigación, con el fin de obtener una visión más clara de la calidad de las redes del SRI local, especialmente en términos de la conversación, así como un análisis de agrupamientos de actividad innovadora.

Esta investigación espera contribuir a explicar el fenómeno de pobre desempeño del SRI local en términos de la calidad de las redes que lo conforman y los procesos microeconómicos encadenados en el tiempo asociados a estas redes (actuales y potenciales), a la par que proveer respuestas que aporten elementos a la reflexión de posibles prácticas encaminadas al fortalecimiento de las existentes, construcción y/o reconstrucción de las inexistentes o débiles y potencialización de las condiciones necesarias para el fenómeno de emergencia dadas las experiencias en el contexto local.

Conclusiones

Al igual que en todo proyecto de investigación, el reto es armonizar los objetivos, la teoría, los datos y el método, cuestión que no garantiza del todo las buenas prácticas, particularmente al

adentrarse en el terreno de los objetivos de investigación diversos que requieren de distintos métodos, donde ningún método es inmune a las aplicaciones pobres (Ostrom et al 2012, 39).

Como se reconoce cada vez más⁴⁸, basar los programas de investigación en sólo uno o dos métodos obstaculiza el desarrollo teórico y la acumulación de conocimientos. Por ello, actualmente se sugiere el uso de múltiples métodos, y la investigación interdisciplinaria se considera la mejor práctica (ídem, 31) , razón por la cual, en línea con el pensamiento de Ostrom, se adopta una metodología híbrida en la que tienen cabida tanto entrevistas exploratorias y ejercicios de observación como la aplicación de instrumentos de investigación para el análisis de métricas de estructura y flujos de información y conocimiento dentro de redes sociales fuertemente apoyadas en diversas herramientas de software especializado en SNA (Software Network Analysis) y simulación multiagente.

La conjunción de estos métodos supone una aproximación más completa al análisis de las redes del Sistema Regional de Innovación tomando en cuenta sus características particulares sin dejar de lado aspectos clave de corte cuantitativo e intentando saltar hacia aproximaciones metodológicas que permitan analizar el complejo fenómeno de la emergencia dentro de un contexto local.

⁴⁸ A partir de la segunda mitad del siglo XX, particularmente desde la década de los ochenta, surgieron numerosas voces que intentaron documentar no sólo la falacia de plantear una oposición radical entre ambas perspectivas (cuantitativa y cualitativa), sino también señalar su reduccionismo cuando son empleadas de forma exclusiva. Propusieron en cambio la necesidad de reunir ambos estilos en la tarea de explorar realidades humanas, retomando tradiciones de investigación que han dado cuenta de la posibilidad de su integración, combinando el uso de números y narrativas como partes complementarias del proceso de estudio de lo social (Denman y Haro, 2000).

La adopción del enfoque de redes desde esta óptica termina resolviendo en parte la preocupación de abandonar el análisis de dimensiones muy importantes para la innovación, como lo son la institucional, la económica y la cultural, puesto que terminan constituyendo ejes transversales de la estructura de la red, presentes en los nodos o frecuentemente aludidos por ellos, influyendo siempre en la evolución de la misma.

Todo apunta hacia la factura de un nuevo paradigma emergente para el trabajo científico, que contemple la vida y su complejidad, la organización y producción continuamente dinámicas, el carácter procesal de la realidad, lo real y lo social con la necesaria modelización de los fenómenos. Así lo muestran teorías que incorporan éstas y otras acepciones, como la de juegos, la del caos, la teoría de las catástrofes y la teoría de sistemas y su perspectiva relacional (Denman y Haro 2000, 22).

Con demasiada frecuencia las investigaciones persiguen resultados prístinos, de gran elegancia y refinamiento teórico-metodológico, pagando por ello el precio de apartar la vista de cuestiones que escapen al molde, caóticas y fuera de control. El enfoque metodológico adoptado aquí persigue precisamente no apartar la vista, porque las redes y los sistemas complejos que dominan nuestras vidas funcionan, precisamente, de manera caótica y fuera de control.

Mientras que Holland afirma que los sistemas de innovación revisten uno de los temas de investigación con mayor potencial para su estudio desde la lente de los SAC, Beckenbach et al sostiene que la heurística de los Sistemas Adaptativos Complejos parece ser un fructífero marco

de trabajo para el análisis integrado de todos los elementos que constituyen un Sistema Regional de Innovación.

Capítulo 4. Trabajo de campo. Experiencias, exploración y apuntes sobre los casos de la industria aeroespacial, TIC y biotecnológica

Durante la exploración inicial de la población del estudio, se utilizaron criterios como el haber recibido dinero del programa gubernamental Prosoft (Programa para el desarrollo de la Industria del Software y la Innovación) en cualquiera de sus etapas y/o del PEI (Programa de Estímulo a la innovación), contar con registro del RENIECYT⁴⁹ y/o haber solicitado o recibido una patente (no necesariamente en el caso del sector TIC)⁵⁰ para elegir un pequeño universo de agentes.

El sector TIC registra poca producción académica⁵¹, situación que cambia al adentrarse en el sector biotecnológico. En este caso, la investigación académica es abundante, por lo que además de las referencias mencionadas anteriormente se recurrió a las bases de datos PROMEP de grupos de investigación consolidados, en consolidación y en formación, así como a los sitios dedicados a la difusión de las IES que parecen concentrar la investigación en la materia.

Por su parte, los agentes involucrados en el sector aeroespacial se concentran casi exclusivamente dentro del sector empresarial, con algunas excepciones todavía en estado de formación en el ámbito académico⁵².

⁴⁹ Según el padrón vigente al 31 de marzo de 2016, el Registro Nacional de Empresas Científicas e Instituciones Tecnológicas (Reniecyt) cuenta con 218 adscritos en el estado de Sonora.

⁵⁰ En el caso del sector TIC, las patentes no son un indicador pertinente de producción de nuevo conocimiento, puesto que una patente de software puede inhibir el desarrollo de la industria.

⁵¹ Esta situación está cambiando en el caso del ITSON, donde comienzan a observarse grupos de investigación consolidados en el área de ingeniería de sistemas, sistemas interactivos y tecnologías colaborativas, diseño de técnicas de optimización para comunicaciones inalámbricas, etcétera.

⁵² Durante el desarrollo de esta tesis se anunció la construcción de un Centro de Desarrollo Aeroespacial, el cual operará en el Instituto Tecnológico de Hermosillo y se llamará Centro Regional de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación para el sector Aeroespacial (CITISA). La misma institución obtuvo

A partir de esta exploración se obtuvo un listado de empresas, así como una pequeña batería de nombres propios, instituciones gubernamentales e IES (Instituciones de Educación Superior). También se identificaron actores/agentes que no encajan en las categorías tradicionales de la triple hélice, pero que forman parte de la red.

La actividad combinada de entrevistas, observación de espacios colaborativos y monitoreo de medios, pero especialmente el análisis de la metodología empleada por Beckenbach et al (2011) para la aplicación de un modelo basado en agentes dentro de un SRI, permitieron delinear variables de asociación, así como atributos del individuo inclinado a la innovación y el *networking*, es decir, a participar en la conversación, compartir conocimiento y colaborar con sus pares, las cuales se refieren en el apartado metodológico, y se discuten brevemente en este texto.

Este capítulo se divide en cinco apartados. En el primero, se discuten los actores clave que se consideran por subsector, tomando en cuenta que se trata de una red abierta (es decir, no se incluye la totalidad de nodos, lo cual sería imposible conseguir en una tesis de doctorado, dadas las limitaciones de recursos temporales y económicos). El segundo apartado aborda características específicas de cada uno de los subsectores relevantes para la investigación.

Un tercer apartado revisa el tema de la conversación dentro de cada uno de los sectores, mientras que en el cuarto se aborda la importancia de la cuarta hélice o la intervención y participación de la sociedad civil dentro de los procesos económicos relacionados con la innovación y generación de nuevo conocimiento.

una cátedra Conacyt relacionada al sector aeroespacial a través del proyecto “Estrategias de control avanzado aplicado a estructuras robóticas del sector aeroespacial”.

4.1. Los actores clave (nodos) y su entorno

Las universidades y otras instituciones de educación terciaria pueden ser pieza clave en el desarrollo de capital humano y el sistema de innovación de sus ciudades y regiones (OCDE 2013), pero su impacto en el desarrollo económico está ligado a la fortaleza de los vínculos y relaciones del sistema de educación con la región, es decir, su entorno.

Los actores o agentes involucrados en el sistema educativo evolucionan, pero también coevolucionan con otros sistemas, y el entorno, ambiente o ecosistema. No sólo son moldeados por la red a la que pertenecen, sino que también influyen y moldean a los actores con los que interactúan, en un proceso de confección y reconfección mutua (Law y Bijker 1992, Taylor 2001).

Dado que los componentes de todo sistema complejo están en continuo estado de adaptación y ningún sistema existe en el vacío, es necesaria la co-evolución con otros sistemas, en este caso el empresarial y de gobierno, respetando el modelo de triple hélice tradicional del estudio de los Sistemas Regionales de Innovación.

También están los macrosistemas, que contienen el SRI al tiempo que co evolucionan con él, como lo son el cultural, económico, social, institucional, etcétera. Como sistema complejo que es, el SRI es un sistema abierto a innumerables entradas de incontables fuentes, incluyendo intereses de grupos, juegos de poder y estratagemas burocráticos.

En esta investigación, además de los actores tradicionales de la triple hélice, se procura tomar en cuenta otros actores importantes, como lo son las organizaciones informales, asociaciones

profesionales (ASPTICS), organizaciones catalizadoras (Fumec, TechBA, aceleradoras de negocios, Sonora Labs) y agentes de capital de riesgo.

Sonora presenta signos preocupantes para el desarrollo de la innovación, tales como la ausencia de capital de riesgo -producto de una cultura de inversión tradicional-, un componente institucional muy limitado⁵³, y la falta de espacios para la conversación colectiva, lo que puede considerarse un verdadero problema. Esta última carencia dificulta la discusión de problemas comunes, el debate de soluciones y la definición de identidades compartidas que permitan a una comunidad industrial trascender los intereses de las firmas independientes, cuestión necesaria para crear ventajas regionales en la economía global (Saxenian 1996).

El informe de la OCDE sobre Sonora (2013) señala otros síntomas preocupantes, como la falta de habilidades de aprendizaje continuo (*lifelong learning*), la carencia de profesores investigadores suficientes para formar nuevas generaciones de científicos y la ausencia de incubadoras STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*), pues en realidad sólo existe una.

Con esto en mente, se entrevistó a un grupo de actores significativos que con su perspectiva enriquecieron la caracterización del SRI y fueron de gran ayuda en el ajuste del cuestionario de investigación. Se buscó a profesores investigadores y/o directivos, creadores de *startups*, estudiantes de ingeniería, biomedicina, aeronáutica, jóvenes empresarios que buscan abrirse paso en el desarrollo del software, actores de gobierno, etcétera.

⁵³ El estado cuenta con una Comisión de Ciencia y Tecnología, integrada por diputados del Congreso Local, e incluso con una Ley de CTI (Ciencia, Tecnología e Innovación), que no se cumple. Al cierre de la investigación, no se contaba con un plan de Ciencia y Tecnología, parte del mandato de dicha Ley, a diferencia de estados como Jalisco, en la que el rubro es elevado al nivel de Secretaría.

En el transcurso de las primeras entrevistas se volvió evidente que un acercamiento que se limitara solamente a los actores con mayor prominencia o visibilidad ofrecería una visión tergiversada del tema, también se advirtió que los recursos comunes de medición de centralidad de actores dentro del territorio informacional no funcionaban (nadie destacaba en virtud del raquítico uso de redes sociales por los agentes locales), por lo que se decidió abrir la muestra a toda clase de actores e incluir redes de escala libre con el objeto de añadir nodos muy nuevos o con pocas posibilidades de aparecer con el método *snowball*⁵⁴.

4.1.2. Free Scale Networks y Territorios Informacionales

La naturaleza espontánea de las redes de comunicación que emergen a través de herramientas de *microblogging*, trazando lazos de menciones y retroalimentación entre los distintos actores de los sectores estudiados independientemente de cualquier variable, permiten abordar los procesos de clusterización sin incurrir en sesgos por parte del investigador.

Una de las primeras observaciones al incursionar en este universo (en red) fue la ausencia casi total de actores pertenecientes a los sectores aeroespacial y biotecnológico, todo lo contrario a lo que ocurre en el sector TIC, en el que tanto estudiantes como profesionistas se apropian del espacio, a la par que algunas empresas, organizaciones e incluso ingenierías específicas de alguna

⁵⁴ Durante la aplicación del cuestionario piloto a actores identificados vía red de escala libre (free scale network) se percibió una fuerte renuencia a participar en el método *snowball* en el que se solicitan contactos frecuentes, pregunta que a pesar de validarse de manera que no pudiese quedar en blanco, no contestaron, por lo que fue necesario reevaluar el método. Dicha reticencia disminuye al preguntar por agentes con mayor grado de representación, como organizaciones o instituciones.

universidad o tecnológico, tomando un lugar protagonista al margen de la cuenta de la institución educativa a la que pertenecen.

Esta ausencia es particularmente problemática en el marco de la necesidad de socialización del conocimiento para que se den los procesos de interpretación y/o colaboración. La falta de participación de actores dedicados a los sectores mencionados limita la visibilidad de las disciplinas asociadas, y por tanto la adhesión de nuevos nodos, interacciones y posibilidades de creación de nuevas relaciones.

4.1.3. Concentradores (hubs) emergentes dentro de las IES

Un *hub* es esencialmente un centro concentrador de recursos, bien sea humanos, capital, infraestructura, información, etcétera. Además de funcionar como elemento concentrador, tienen la capacidad de atraer más recursos, nuevos elementos o nodos. Tal como lo explica la teoría de las redes de escala libre, un nodo ampliamente conectado tiende a atraer más nodos que uno no tan conectado.

De ahí la importancia del componente de clusterización de una red, que permite examinar de cerca estos agrupamientos o racimos de nodos densamente conectados, concentradores de recursos y “polos magnéticos” de talento. Al igual que las abejas a la miel, los estudiantes con alto potencial e inquietud por innovar se sienten atraídos por las IES que se caracterizan por este atributo, cuentan con infraestructura, laboratorios y personal académico altamente especializado, y tienen en su haber un historial de logros científicos e innovación.

Dentro de la exploración del territorio informacional de nodos (cuentas de *twitter*) relacionadas con los sectores estudiados, aunque varios grupos son observables utilizando otras mediciones,

como la centralidad (*eigenvector centrality*), el único con un coeficiente de clusterización significativo durante una medición realizada tomando en cuenta los últimos diez *tweets* es el conformado por la cuenta de la iniciativa Yaqui Valley (0.5), la cuenta de Startup Weekend Obregón y un docente del ITSON (0.167).

Una nueva medición, esta vez utilizando los últimos 21 *tweets*, arroja coeficientes de clusterización distintos, pero el agrupamiento en torno a Yaqui Valley, Itson y Startup Weekend Obregón permanece como el *hub* con mayor actividad dentro del territorio informacional estudiado, al menos en lo que respecta a las instituciones de educación superior.

La situación se repite conforme se realizan nuevas mediciones con mayor número de *tweets*, a medida que aparecen interacciones con nuevos agentes que interactúan con dicho agrupamiento, como Novutek, la sociedad de alumnos de Ingeniería de Software del Itson y la carrera de Ingeniería de Software del Itson, unidad Guaymas.

La identificación preliminar de estos pequeños agrupamientos o clusters permite la adición de nuevos nodos potenciales a nuestra red, en su mayoría estudiantes y egresados, lo que complementa la selección hecha a través de los criterios de selección descritos en el apartado metodológico, eliminando rigidez y añadiendo flexibilidad a la población y muestra.

El objetivo es identificar actores potencialmente involucrados en procesos de innovación en los sectores que nos ocupan (conscientes de ello o no), en las áreas media y periférica de nuestro modelo de interés en la innovación, puesto que la central está determinada por CEO's,

investigadores, emprendedores, etcétera ya reconocidos por sus círculos profesionales y claramente orientados hacia las prácticas innovadoras.

En Silicon Valley, el elemento concentrador y multiplicador de empresas de nuevas tecnologías estuvo dictado por las instituciones educativas y centros de investigación ubicadas en el área, como Berkeley y Caltech. Del mismo modo, una IES, o particularmente una carrera profesional de calidad poco a poco genera entusiasmo y nodos satélites que gravitan a su alrededor. El inicio puede ser una excelente cátedra, un buen programa de investigación, instalaciones e infraestructura de primer nivel, laboratorios bien equipados, etcétera.

A medida que las capacidades tecnológicas se convierten en la fuerza principal de la competitividad en un mundo abierto e integrado, el rol de las universidades en el crecimiento económico adquiere mayor importancia. No sólo imparten educación, sino que son vistas como fuente de emprendimiento, innovaciones y habilidades técnicas valoradas por la industria (Yusuf y Nabeshima 2007).

El reconocimiento de este potencial para impulsar el crecimiento económico es una prioridad para países desarrollados y no desarrollados, al igual que la necesidad del establecimiento de políticas públicas coordinadas para maximizarlo (ídem). Sin embargo, los avances de las IES no son tan rápidos como quisiéramos en la región, pues no sólo no logran egresar la suficiente mano de obra altamente calificada necesaria para detonar la innovación (OCDE), sino que la cooperación científica y tecnológica -por lo menos en las áreas de STEM-, es pobre.

Podría pensarse que el criterio con mayor peso en el caso de la exploración de las instituciones educativas debiera centrarse en el criterio de solicitud y/o registro de patentes, puesto que implicaría una clara indicación de actividad innovadora. Y lo es. Sin embargo, dada la escasísima participación no sólo del estado (lugar 18) sino también del país en este punto, se revisan también otros criterios, como la recepción de fondos PROSOFT o la pertenencia al RENIECYT.

En el cuadro 4, se detalla la oferta académica STEM extraída de las IES listadas en RENIECYT, así como una síntesis de su actividad en social media. Esta actividad inicialmente se utilizaría para detectar actores clave, lo cual se descartó debido al uso precario que la mayoría de este tipo de actores presta a las redes sociales. Sin embargo, decidió utilizarse como medio de adición de nodos periféricos, al tratarse de un tipo de red de escala libre, es decir, de libre asociación espontánea y no generada a partir de una variable aleatoria.

Cuadro 10. Oferta académica STEM y social media de IES listadas en RENIECYT

INSTITUCIÓN EDUCATIVA	CUENTA EN TWITTER	ACTIVIDAD EN TWITTER	CUENTA EN FACEBOOK	ACTIVIDAD EN FACEBOOK	OFERTA ACADÉMICA STEM	INVESTIGACIÓN STEM
Instituto Tecnológico de Nogales http://www.itnogales.edu.mx/	NO	Nula	SI	Activa	Ing. Electrónica Ing. Industrial Ing. Mecatrónica Ing. Sistemas Computacionales Maestría en Sistemas Computacionales	
Instituto Tecnológico de Guaymas http://www.itg.edu.mx/	NO	Nula	SI	Activa	Ingeniero en Acuicultura Ingeniero en Pesquerías Ingeniero Industrial MC de la zona costera	

					Biotecnología (PNPC)	
<p>Universidad de Sonora</p> <p>http://www.unison.edu.mx/</p>	<p>SI</p> <p>@buho</p> <p>unison</p>	Activa	SI	Activa	<p>Licenciatura en Biología</p> <p>Ing. Mecatrónica</p> <p>Ing. Minero</p> <p>Ing. Metalúrgica</p> <p>Ing. Materiales</p> <p>Ing. Industrial y de Sistemas</p> <p>Ingeniería en Sistemas de Información</p> <p>Licenciatura en Ciencias de la Computación</p> <p>Ing. en Tecnología Electrónica</p> <p>Lic. en Matemáticas</p> <p>Lic. en Física</p> <p>Lic. en Sociología</p>	SI
<p>Universidad Tecnológica del Sur de Sonora</p>	<p>SI</p> <p>UTS_Oficial</p>	Activa	SI	Activa	<p>TSU TIC: Sistemas Informáticos</p> <p>TSU Mecatrónica: Automatización</p> <p>Manufactura aeronáutica área: Maquinados de precisión</p> <p>Ing. en Tecnologías de la Información</p> <p>Ing. en Tecnologías para la Automatización</p> <p>Ing. desarrollo de software para aplicaciones web</p>	
<p>Universidad Estatal de Sonora</p>	<p>SI</p> <p>UES_MX</p>	Activa	SI	Activa	<p>Ing. Ambiental</p> <p>Ing. en Biotecnología Acuática</p> <p>Ing. en Mecatrónica</p> <p>Ing. en Software</p> <p>Ing. en Geociencias</p> <p>Maestría en Sistemas de Producción Biosustentables</p>	SI

IEDD Instituciones Educativas del Desierto	NO	Nula	SI	Limitada		
Gobierno del Estado de Sonora/COBACH	SI	Activa	SI	Activa		
Multiversidad Mundo Real Edgar Morin AC	SI Multiversidad_ EM	Limitada	SI	Activa		
Universidad Tecnológica de Guaymas	SI @UTG UAYMAS		SI	Activa	TSU en Manufactura Aeronáutica (Área: Maquinados de Precisión) TSU en Mecatrónica	
Complejo Escolar Riera SC	NO	Nula	NO	Nula		
Universidad Tecnológica de Puerto Peñasco	NO	Nula	SI	Activa	TSU TIC	
Universidad Unilíder SC	SI @Unilíder_ univ	Activa	SI	Activa	Ing. Industrial	
IACATA CEMIAAC SA de CV	No	Nula	NO	Nula		
Universidad Tecnológica de San Luis Río Colorado	No	Nula	SI	Limitada	TSU TIC TSU Mecatrónica TSU Mantenimiento Industrial Ing. en TIC Ing. en Procesos Bioalimentarios Ing. en Mecatrónica Ing. en Electromecánica Industrial	
Universidad La Salle Noroeste	Sí @ulsa_ noroeste	Limitada	SI	Activa	Ing. en Biomédica Ing. en Diseño y Manufactura Ing. en Industrial en Calidad Ing. en Mecatrónica	

					Ing. en Energías Renovables Maestría en TI	
Instituto Tecnológico Superior de Cananea	No	Nula	SI	Limitada	Ing. Electromecánica Ing. Industrial Ing. en Sistemas Computacionales	
CENTRO DE INVESTIGACIÓN/IES						
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD)	SI @CIA D_CO NACY T	Limitada	SI	Activa	Maestría en Ciencias Doctorado en Ciencias	SI Ecología y Medio Ambiente Producción de Alimentos Tecnología de Alimentos
CIBNOR						SI
Instituto de investigaciones Ecológicas de la UNAM						SI

Fuente: Recopilación a partir del listado de Reniecyt/Elaboración propia⁵⁵.

Dentro del cuadro anterior se detectan dos grandes ausentes, como son el ITESM (Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey y la institución asociada TEC Milenio) y la UVM (Universidad del Valle de México) -que no aparecen en el listado de RENIECYT-, así como centros de investigación tales como CIAD y COLSON, que no están listados bajo el rubro de “Servicios Educativos”, sino de Servicios Profesionales, Científicos y Técnicos. Para propósitos logísticos, se decidió incluir a CIAD, CIBNOR y el Instituto de Investigaciones Ecológicas de la UNAM en este recuadro.

⁵⁵ En lo que respecta al Gobierno del Estado de Sonora/SEC, listado como Servicio Educativo, las diversas instituciones gubernamentales adscritas a Reniecyt se contemplarán en el área de entidades de gobierno.

De acuerdo con la información generada por la OCDE, en Sonora la investigación en educación superior o terciaria está altamente concentrada en cuatro instituciones: La Unison, el ITSON, el CIAD y el COLSON, mismas que aglutinan la mayor cantidad de investigadores (el 99%) en el SNI (Sistema Nacional de Investigadores) y el 83% de los investigadores públicos. Los datos de OCDE señalan que el soporte es muy pobre para la investigación básica fuera de la mineralogía y la biotecnología, que están directamente relacionadas con industria local clave -minería y agricultura-.

Si nos quedamos con las instituciones enfocadas al menos parcialmente en STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) que presenten la característica de investigación, nos quedan pocas unidades de análisis: Unison, UES (Universidad Estatal de Sonora), ITSON y CIAD. La selección de nodos base en estas IES se realiza a partir de la revisión de temas de investigación, pertenencia al sistema nacional de investigadores y la pertenencia a un grupo de investigación consolidado o en consolidación.

4.2. El rol gubernamental. Generación de espacios colaborativos para emprendedores

En el caso del estado de Sonora, el gobierno juega un papel limitado. El componente institucional ha sido caracterizado como débil por el FCCyT, en parte debido a que a pesar de que existe la Ley de Ciencia y Tecnología ésta no se cumple, el presupuesto asignado a actividades de R&D es muy bajo, no existe un plan estatal, la comisión de Ciencia y Tecnología del Congreso del Estado tiene

actividad prácticamente nula y en general, no se percibe como un agente clave en el desarrollo del SRI.

El hecho de que el estado haya pasado tanto tiempo sin un plan estatal de ciencia y tecnología es revelador. A pesar de que se cuenta con un Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (Coecyt), lo cierto es que se está en desventaja con entidades que cuentan con una Secretaría de Innovación dedicada exclusivamente a este propósito, como sucede en estados como Jalisco.

Dicha secretaría de innovación (@InnovaJalisco) sostiene lo que llama “sesiones de inteligencia colectiva” para apoyar el desarrollo de aplicaciones (*apps*) desarrolladas localmente o en la región ya conocida como “*Tequila Valley*”, sesiones abiertas al público en las que la comunidad interesada puede participar y sentirse parte de las aplicaciones digitales desarrolladas en Jalisco.

Cuando se logra generar esta conversación, sucede lo que hace poco declaró Lita Nielsen, directora de la oficina de licenciamiento de tecnología del MIT, cuando le preguntaron si la institución contaba con una incubadora de negocios. Su respuesta fue “Sí, se le llama ciudad de Cambridge”⁵⁶. Marshall también hace referencia a esta cuestión, cuando hablaba de los fundamentos técnicos y comerciales que estaban “en el aire que se respiraba” dentro de los agrupamientos de pequeñas firmas que juntas conformaban una comunidad industrial (citado por Lester y Pioré, 125).

⁵⁶ De las 20 incubadoras reportadas en Sonora, solamente una está destinada a STEM (OCDE). La declaración fue publicada el 13 de marzo por el MIT Media Lab en su fanpage de Facebook, tras una entrevista realizada por @Xconomy a Lita Nielsen respecto al tema de Transferencia de Tecnología en el marco de su retiro en junio de 2016.

En Sonora no es el caso. A pesar de que se ha intentado hacer incursiones masivas en la modernización de los sistemas y penetrar “*the app economy*” en terrenos como el del transporte, se ha conseguido apenas un éxito modesto, y no por falta de talento.

Sin embargo, es posible detectar algunos avances en el terreno local, al menos en el terreno de la interlocución. Tal es el caso del reciente StartHMO⁵⁷, evento de *networking* y emprendimiento organizado por el Ayuntamiento de Hermosillo, el cual reunió docenas de estudiantes de sistemas y carreras afines, así como a varios desarrolladores en activo, quienes aprendieron sobre emprendimiento en Silicon Valley, opciones de financiamiento para *startups*, propiedad intelectual, cultura empresarial y emprendimiento global, entre otros temas.

Lo interesante es que el evento recupera formatos que hace tiempo se vienen dando de manera informal en la ciudad, como las “*fuck up nights*”, noches en las que los asistentes toman el micrófono para contar anécdotas de sus fracasos empresariales en el ánimo de (1) iluminar el camino para los emprendedores potenciales y (2) reforzar la idea de que está bien fracasar, y de hecho un fracaso (o muchos) son un ingrediente necesario y parte de la vida de un emprendedor.

⁵⁷ StartHMO.com

Gráfica 12. Conversación dentro de un espacio colaborativo en el sector TIC



Gráfica de un evento de Fuck Up Nights. Este tipo de eventos se realizan en ambientes informales como cantinas o espacios de colaboración como HelloWorkspaces. Fuente: Archivo fotográfico de Faridh Mendoza.

También recuperan el concepto de “*Hackathon*”, utilizado mundialmente como una forma de reunir a especialistas en desarrollo de sistemas y/o grupos multidisciplinarios para encontrar alternativas de solución a un problema social durante un corto período de tiempo (usualmente 24 horas sin parar). En este caso se trató de una edición “*express*” de 9 horas. El resto de los eventos incluyó talleres, *pitch challenges* y una feria *startup*.

Cuadro 11. Actores de gobierno/Otros actores y pertinencia por sector

ACTORES GOBIERNO	SECTOR
1. Coecyt	T
2. Instituto de Acuicultura del Estado de Sonora	B

3. Agroparque del Mayo SA de CV	B
4. Sagarhpa	B
5.CIRNO	B
6.Laboratorio Nacional de Sistemas de Concentración y Química Solar	B
7.COFES	B
8. Secretaría de Economía	T
9.Copreson	A

1.4. Otros actores

	SECTOR
Sonora Innova (RENIECYT)	B
The Offshore Group	TIC, A
INDEX	TIC, A
Fundación Produce Sonora AC	B
Coparmex	T
ASPTICS	TIC
FUMEC	T
TECHBA	T
OFICINAS DE TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO CERTIFICADAS POR FINNOVA	
Instituto Tecnológico Superior de Cajeme	
Universidad de Sonora	
Universidad Estatal de Sonora	
Instituto Tecnológico y de Estudios Suoeriores de Monterrey, campus Sonora Norte	

Fuente: Conacyt/Elaboración propia (TIC: Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones, B: Biotecnología, A (Aeronáutica, Aeroespacial, T: todas)

La inclusión de los actores de la red dentro del sector gobierno está sujeta a la mención directa de los actores entrevistados al preguntarles por un actor clave en el área de gobierno para las actividades de innovación personales o de su compañía, excepto en el caso de nodos que se detectan como brokers (agentes intermediarios) o *gatekeepers*.

4. 3. Espacios colaborativos emergentes e informales

Para realizar esta investigación es necesario adoptar una estrategia metodológica híbrida, que contemple las particularidades de cada sector. En este caso, se trata con dos culturas herméticas, biotecnología, con una larga tradición de investigación científica, un numeroso grupo de investigadores y una muy pequeña población de *startups*, y el sector aeronáutico/aeroespacial, con prácticamente nulo arraigo en la región e inversión extranjera directa de grandes corporativos que se dedican básicamente a la maquila, pero con una población creciente en carreras profesionales o técnicas especializadas en tecnológicos y universidades, y un futuro promisorio.

Desde la academia se hace un fuerte trabajo en este sentido, pero no parece resonar, y el corte es demasiado formal. Se trata apenas de eventos anuales o semianuales, organizados por los maestros e investigadores en su tiempo libre, con ayuda de *staff* de alumnos voluntarios o personal del área de vinculación. No es poco común que un mismo maestro con iniciativa actúe como moderador, organizador, presentador y hasta chofer de ponentes.

Dentro de todos estos factores comunes, cada sector tiene particularidades. Desde la fuerte o débil relación con el territorio y las capacidades locales hasta la poca importancia de las patentes y la ubicación geográfica privilegiada (como en el caso del desarrollo de software en el sector TIC), el fuerte número de graduados de ingeniería eléctrica e industrial -consecuencia del auge de la IME

en el estado-, que terminó atrayendo a la industria aeroespacial o la creciente oferta de opciones de maestría y doctorado en biociencias (como en el caso del sector biotecnológico) y el hecho de que Sonora fuese la cuna de la “revolución verde”.

En teoría, la dimensión interpretativa se genera en el marco de una conversación entre pares, en ambientes colaborativos públicos y de alta diversidad, siguiendo pocas o ninguna regla y con objetivos abiertos (*open ended conversation*) en lugar de rigurosamente definidos.

En este apartado se analiza también el estado de la dimensión conversacional e interpretativa dentro de los sectores de interés, contrastando la teoría con la evidencia obtenida a través de entrevistas exploratorias y ejercicios de observación no participante en espacios públicos (virtuales y no).

Es posible competir intensamente al mismo tiempo que se aprende colectivamente sobre los mercados cambiantes y las nuevas tecnologías, pero esto sólo puede lograrse con redes sociales densas y mercados de trabajo abierto que alienten la experimentación y el emprendimiento (Saxenian 1996). Una cultura de tradición industrial como la sonorenses puede conseguirlo, pero son cambios que llevan décadas.

La literatura es clara al respecto. El contacto con círculos sociales heterogéneos incentiva la innovación. Específicamente, la exposición a diversas aproximaciones y perspectivas dentro o fuera de un grupo facilita los procesos cognitivos relacionados con la creatividad y la innovación,

tales como el pensamiento divergente, flexible y autónomo (Patterson et al 2009, Lester y Piore 2004).

4.3.1. La hermética industria aeroespacial

Con respecto al sector aeroespacial, la percepción parece ser que no hay tal, ni siquiera se puede hablar de él, o si se pudiera, sería solamente en calidad de maquila, o industria de enclave que no representa ningún impacto para el SRI local, excepto en las estadísticas económicas. En efecto, se trata de más de 60 empresas ubicadas en la región⁵⁸, todas ellas filiales de grandes corporativos.

Aunque claramente se trata de una industria con un alto nivel de especialización y comunicación intra y extra firma, estas empresas sostienen poca relación con otros actores locales, rara vez o nunca participan u organizan foros abiertos. Básicamente, la sociedad desconoce lo que ocurre dentro de estas naves industriales, excepto el hecho de que existen porque los medios se encargan de repetirlo.

El problema podría derivarse en parte del sector gobierno, la prensa y hasta la academia, que ha manejado indistintamente los términos aeronáutico y aeroespacial como si fueran la misma cosa, hablando de un supuesto cluster aeroespacial. Efectivamente, en la región existe un grupo de compañías dedicadas a la producción de partes aeronáuticas, como parte de una estrategia de desarrollo del sector a nivel nacional, pero un cluster no es solamente un grupo. Un cluster es un grupo interconectado e interrelacionado entre sí. Desafortunadamente, la falta de información

⁵⁸ Según el directorio actualizado de la industria aeroespacial proporcionado por la Secretaría de Economía.

empírica sobre el sector, y el aparente desinterés de éste por participar en consultas y/o investigaciones, dificulta la respuesta a esta interrogante.

El interés de este estudio en el sector radica en que, aunque se trate de una industria de enclave, está generando cambios en los planes de estudio de algunas universidades ubicadas en las regiones en que se ha instalado, y aunque a cuenta gotas, emplea personal calificado local, contratado a través de convenios de vinculación y contratación de recursos humanos ofrecidos por los *shelter* en los que se instalan.

La presencia de todas estas empresas ha influido también para la creación de un Centro de Investigación Aeroespacial⁵⁹ en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Hermosillo, cuya construcción y puesta en operación se encuentra en marcha al momento de redactar esta tesis, en una fase inicial con un laboratorio de fabricación de drones. La misma institución recibió un avión Pilatus PC-7, el cual estuvo al servicio de la base Aérea Militar Número 18 en Hermosillo por más de 35 años⁶⁰.

La conformación de un Sistema Regional de Innovación no ocurre de la noche a la mañana, y tampoco la conformación de un cluster. Es un proceso largo y complejo que va más allá de cambios de gobierno y políticas sexenales. Las nuevas carreras que apenas se están abriendo camino hoy en las universidades podrían conformar en una o dos décadas una nueva generación de trabajadores

⁵⁹ Boletín Electrónico publicado en el portal del Instituto Tecnológico de Hermosillo. Según esta información, el CIDTISA (Centro de Investigación para el Desarrollo Tecnológico e Innovación de la Industria Aeroespacial) entra en operaciones en octubre de 2017. El edificio contará con laboratorio de drones, laboratorio de mini y nano satélites, sala de juntas, cafetería, sala de diseño aviónica, sala PLM, sala de capacitación, laboratorio de sistemas de comunicación y laboratorio de detección.

⁶⁰ Noticia publicada en la edición electrónica de el diario Expreso, el 13 de marzo de 2018.

<http://www.expreso.com.mx/seccion/sonora/33302-video-presentan-el-avion-pilatus-pc-7-en-el-ith.html>

altamente especializados, capaces de generar empresas pequeñas y medianas, o *startups* dentro de este sector⁶¹.

El hecho de que Sonora se considere parte importante del ecosistema de empresas de la industria aeroespacial del país, por lo menos en la producción de turbinas y gracias al elevado número de mano de obra calificada en ingeniería eléctrica y electrónica, podría conducir eventualmente a la generación de una masa crítica con trayectorias profesionales y redes socioprofesionales suficientes para que se salte de la mera fabricación industrial a los procesos de diseño, innovación y R&D.

Cuadro 12. Empresas candidatas a la aplicación del instrumento de investigación

	PEI	RENIECYT	PATENTES
TE Connectivity		Pinnacle Software Engineering S de RL de CV ⁶²	
Ellison		Airtronics (Nogales)	
Paradigm Precision		Fábrica de Compuestos Aeroespaciales SA de CV	
Boeing		Maquilas Tetakawi (PEI 2016)	
Latecoere			
Shimtech			
Optimus Turbines			
JJ Churchill			

⁶¹ La Universidad Tecnológica de Guaymas egresó apenas en mayo de 2018 a la primer Ingeniera en Manufactura Aeronáutica del sistema de Universidades Tecnológicas en el país.

⁶² La compañía señala en su sitio de internet que mantiene una fuerte relación con el sistema de educación superior de su ciudad sede, Obregón Sonora, tanto en términos de contratación de pre graduados y oferta de cursos de diseño de sistemas incrustados en sus instalaciones como en la influencia en la currícula universitaria. La empresa hace eco de los aproximadamente 600 graduados de ingeniería en sistemas y carreras afines egresados anualmente en el estado.

Rolls Royce			
Daher			
Latelec			
Carlisle			

Fuente: Elaboración propia

El grado de vinculación del sector productivo con Instituciones de Educación Superior establecidas en la entidad es insuficiente como para ser considerado un factor estratégico en la consolidación de esta industria en Sonora, esto, tomando en cuenta que poco más de la mitad de las empresas encuestadas (56.5%) manifestaron que no han suscrito convenios de colaboración con unidades de investigación (Contreras, citado en Urbina Miranda 2008).

Como parte de un ejercicio de diagnóstico, Sonora Lab –una iniciativa que se toca más adelante en este capítulo-, reunió a mediados del 2017 a un grupo de actores considerados relevantes para el sector aeroespacial en Sonora. Aunque se trató de una reunión privada, la información recabada sobre áreas de oportunidad en el área fue puesta a disposición de la comunidad en línea, lo cual resulta especialmente interesante dada la participación de gerentes de la mayoría de las empresas del sector, unidades de vinculación, investigadores y jóvenes empresarios⁶³.

⁶³ Los asistentes a esta reunión fueron Carlos Sanchez, de Latelec; Patrick Bernard, de Latecoere; Luis González, de Carlisle; Ian Boston, de Optimus Turbines; Dr. Ramón Sánchez, de Harvard; Scott Miller, de Paradigm Precision; Luis Enrique Ibarra, investigador de la Universidad Estatal de Sonora; Armando Lee, de Maquilas Tetakawi; Enrique Ruiz, de Copreson; Xochitl García, investigadora del Instituto Tecnológico de Hermosillo; Darío Páez, de TE Connectivity; Ismael Murillo, investigador del ITSON; Omar Montaña, emprendedor; Antonio Rodríguez, de Coecyt; César Villegas, de Vinculación Unison, Luis Martínez, de Index Hermosillo; Carolina Munguía, emprendedora; Sergio Leyva, de vinculación ITH; Abel Salazar, emprendedor; Cesar Ramírez, emprendedor; Juan Carlos Grijalva, académico de la Universidad Tecnológica de Guaymas (UTG); Juan Lagarda, investigador de la Universidad de Sonora, y Alfredo Cervantes, investigador del ITSON.

En suma, además de consideraciones relativas a la insuficiencia de entrenamiento y personal especializado, laboratorios, infraestructura e incentivos para proyectos de innovación, resalta el reconocimiento de la necesidad de fortalecer la cadena de proveeduría local, así como “dar el brinco” de manufactura a diseño.

Entre las observaciones destaca la falta de clusterización, es decir, agrupamiento formal para proyectos en común de la industria, la necesidad de establecer nodos de innovación del sector aeroespacial, verdaderas unidades de vinculación entre el sector aeroespacial, la academia y el estado, y crear un mercado de oferta de soluciones de investigación y una demanda de necesidades de vinculación, dado que los investigadores desconocen qué tipos de investigación requiere la industria.

También refieren la necesidad de estar articulados entre las universidades, así como la nula investigación orientada al sector aeroespacial, y la dificultad que representa para los emprendedores para acceder a ésta: “Los emprendedores no tienen forma de conocer la investigación que están realizando los investigadores de las universidades, por lo mismo no existe posibilidad de vincularse y emprender en conjunto”⁶⁴.

Cuadro 13. Reporte de Observación No Participante

	Ambiente Colaborativo	Heterogeneidad	Open Ended Conversation
CIIM 18 Congreso Internacional de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica	El evento está claramente cruzado por la camaradería. Prácticamente el 100% de los jóvenes asistentes	Aunque el rango de edad es homogéneo (entre 18 y 22 años de edad, aproximadamente), el	Definitivamente no se trata de una conversación, pues son conferencias en las que uno habla y

⁶⁴ Opiniones publicadas en el sitio oficial de Sonora Lab dedicado al Sector Aeroespacial <https://www.sonorlab.org/aeroespacial/>

facebook.com/congreso.ciimm.ith	<p>pertenecen a la misma institución educativa (Instituto Tecnológico de Hermosillo), y por tanto se cruzan en los pasillos, o estudian en los mismos edificios o con los mismos maestros, lo que facilita la interacción entre grupos durante los recesos o en los talleres, aunque la mayor parte del tiempo se concentra en conferencias formales con un tiempo limitado para una sesión de preguntas y respuestas, que los estudiantes suelen aprovechar.</p> <p>Cumple condiciones de manera parcial.</p>	<p>evento posibilita la interacción, (aunque de manera poco cercana pues generalmente son conferencistas) con egresados exitosos de la institución con 10 o más años de experiencia, que ofrecen una mirada hacia las oportunidades en el área, así como diversas trayectorias profesionales. En esta edición del CIIM estuvieron presentes, por ejemplo, un egresado que actualmente labora en el área de diseño de motores de aeronaves en una planta de Querétaro, y otro que recientemente se incorporó al área de diseño de autos eléctricos y autónomos de la planta Ford, en Michigan.</p> <p>Cumple condiciones de manera parcial.</p>	<p>muchos escuchan (el Auditorio de Hermosillo lleno) aunque sí da pie para una posterior entre los asistentes. Los conferencistas generalmente dejan muchas puertas abiertas a ideas por explorar, recomiendan libros, páginas, mejores prácticas, etcétera. Se percibe un ambiente de entusiasmo y aprendizaje.</p> <p>Cumple condiciones de manera parcial.</p>
---------------------------------	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. El caso TIC: Más integración, pero no suficiente

El subsector de las TIC, considerado por lo menos las dos últimas administraciones dentro del bloque de sectores estratégicos para el desarrollo económico del estado, quedó “fuera” del grupo tras un estudio realizado por el ITESM al iniciar la administración de la gobernadora Claudia Pavlovich Arellano.

Sin embargo, en palabras del propio subsecretario de impulso a la comercialización⁶⁵, Leonardo Ciscomani Freaner, se solicitó la reinstalación del mismo debido a que la valoración es considerada incorrecta por derivarse de deficiencias administrativas durante el sexenio de Guillermo Padrés Elías (2009-2015), consistentes básicamente en la falta de atención y ausencia de inyección de recursos al sector.

Paradójicamente, el sector TIC es uno de los más desarrollados a nivel ecosistema en términos de mantener una conversación. Aunque está compuesto por pocas empresas, muchos ingenieros se conocen entre sí, en redes sociales, han participado en eventos del sector y han estudiado, trabajado o desarrollado algún proyecto juntos en algún punto de sus trayectorias profesionales.

El ITH (Instituto Tecnológico de Hermosillo) abrió la carrera de Licenciatura en Informática el año de su fundación (1975), al igual que varias ingenierías (Eléctrica, Electrónica, Industrial y de Sistemas, y más tarde Sistemas Computacionales), lo que explica en parte el crecimiento y composición del sector TIC en el estado, con respecto al sector aeroespacial (para el que recientemente se están creando carreras y cuyo rápido crecimiento se dio mayormente durante la administración padrecista) o el biotecnológico, del que hoy vemos un resurgimiento marcado por su diversificación (*green, blue, brown biotech*) y las tendencias globales muchos años después del inicio de la revolución verde y tras décadas de evolución paulatina e incremental (Valenzuela y Bracamonte 2015, 142).

⁶⁵ Notas tomadas durante la intervención del subsecretario de Impulso a la Comercialización durante el panel “Políticas Públicas para la Innovación en PYMES”, el 10 de marzo de 2016, en el seminario “Evaluación de las políticas públicas de innovación hacia las PYMES en Sonora”, realizada en el auditorio del departamento de ingeniería industrial de la Universidad de Sonora.

La riqueza de profesionales de las TIC es enorme. Hay diseñadores, QA testers, UX designers, desarrolladores de software, *front end developers*, especialistas en redes, administración de proyectos, automatización, mecatrónica, robótica, programadores de Java, C, C#, Javascript, Swift, etcétera.

Sin embargo, un tema recurrente entre los entrevistados es la falta de profesionales de alto nivel especializados en lenguajes relativamente modernos (Python y Ruby, por ejemplo) -la gran mayoría de los egresados se enfoca en un pequeño grupo de lenguajes y plataformas muy conservadores-, y/o desarrollo de sistemas embebidos o incrustados (*embedded systems*).

Este problema, que tiene que ver con el diseño curricular -los cambios a los planes de estudio suelen ser lentos y tortuosos, desfasados con la velocidad a la que se mueve esta industria-, pero también con la calidad de los procesos enseñanza-aprendizaje y la falta de buenos maestros, crea problemas que producen ingenieros con capacidades (y oportunidades) inferiores a las de sus pares formados en otros países.

El modelo de las Universidades Tecnológicas, por ejemplo, importado de Francia, produce Técnicos Superiores Universitarios cuyas capacidades no se igualan a las de sus pares franceses. Un TSU (técnico) en Francia hace lo que hace los ingenieros terminan haciendo aquí (trabajan en maquiladoras, cadenas de montaje, etcétera), mientras que un ingeniero en Francia se dedica verdaderamente a la ingeniería. Está preparado para ello⁶⁶.

⁶⁶ Ver entrevista con Marco Gaxiola, en la sección de Anexos.

Con respecto al diseño de los planes de estudio, el desfase es preocupante. Cuando las tendencias mundiales dictan inteligencia artificial, aprendizaje de máquinas (*machine learning*), *big data*, etcétera, los planes curriculares evolucionan con lentitud, y para cuando finalmente cambian, las tendencias son otras.

La mayoría de las compañías de software que funcionan en Sonora están dedicadas al *outsourcing*, es decir, trabajan para compañías ubicadas en otros países, principalmente Estados Unidos. De hecho, uno de sus principales argumentos de venta es que ofrecen todas las ventajas del *outsourcing* sin las desventajas del *offshoring*.

La estrategia de ofrecer mano de obra barata continúa, aunque de diferente manera. Sin embargo, decir o tratar de vender la producción de software en México con el argumento de “mano de obra barata” es un tabú y algo muy mal visto dentro de los círculos de profesionales de TIC. En algunas más pronunciado, en otras menos -y explícitamente intentan alejarse del modelo, con sueldos muy competitivos e iniciativas de R&D interno-, se trata de maquilas de software que aprovechan la similitud de culturas y horarios con EU para captar clientes que anteriormente optaban por China o la India.

La cercanía geográfica facilita incluso la mejora de las condiciones ofrecidas por estados del sur del país, puesto que las reuniones por videoconferencia o *skype* pueden ser en horas de oficina sin ningún problema.

A nivel académico ocurre un problema sutil. Las llamadas redes académicas no funcionan como tal. Ciertamente cada quien tiene su red, pero es otra, una red informal que poco o nada tiene que ver con la establecida dentro de los cánones universitarios⁶⁷.

La primera exploración arrojó un listado de cinco empresas beneficiarias de PROSOFT durante el cuarto trimestre del 2015, el más actualizado disponible (listado A), de las cuales ninguna mantenía una fuerte (o regular) presencia dentro de la red revisada (twitter), por lo que se recurrió a la revisión de dos de las primeras empresas beneficiarias de este programa que todavía funcionan: Nearsoft y Novutek⁶⁸.

La red de Nearsoft muestra mucha actividad, aún dentro del marco limitado de 10 días o 2000 tweets que permite NodeXL. Dicha red puede observarse en la gráfica 14.

Cuadro 14. Empresas candidatas al instrumento de investigación (TIC)

	BENEFICIARIAS DE PROSOFT	RENIECYT	PATENTES
Soffa XT	Vangtel México (4Q 2015)	Sonora Innova SA de CV	
Intugo	Materiales para Impresoras y Copiado SA de CV (Q4 2015) (Mico Tecnología)	Interfases y Sistemas Electrónicos SAPI de CV (Intersel)	
Maeve Consultores TI SA de CV (PEI 2016)	TSI ARYL S de RL de CV (4Q 2015)	Verstand Technologies (PEI 2016) (Agropro)	
IB	CT Internacional del Noroeste SA de CV (4Q 2015)	Xantronic (PEI 2016)	

⁶⁷ Consultar entrevista con Carlos Lizárraga, incluida en el apartado de Anexos.

⁶⁸ En virtud de su mayor visibilidad.

	Anexa Comunicaciones SA de CV (Q4 2015)	Globalmet Sapi de CV	
		Lanix	
		TECNOLOGIAS Y MANUFACTURA 3D IDEAZ DEL NOROESTE SA DE CV	

Fuente: Secretaría de Economía/Prosoft

4.3.2.1. La conversación en el sector TIC

Un observador atento puede darse cuenta, a través del simple monitoreo de cuentas en redes sociales, del peso relativo que tienen algunas de las compañías dedicadas al desarrollo de software a nivel local en la percepción de los usuarios de la red sobre la conversación local -o al menos los usuarios interesados en las TIC-. Tal es el caso de Nearsoft⁶⁹, que domina la escena local en Hermosillo, del mismo modo que Novutek lo hace en Ciudad Obregón.

La cantidad de ocasiones de convivencia formal/informal, potenciales catalizadoras de la conversación necesaria para crear espacios que permitan la interpretación, constantemente promovidas por esta compañía son notables. También lo es la promoción constante de una cultura de trabajo “diferente” en el afán por atraer nuevo talento, producto quizá de una inclinación genuina por la innovación de sus cofundadores.

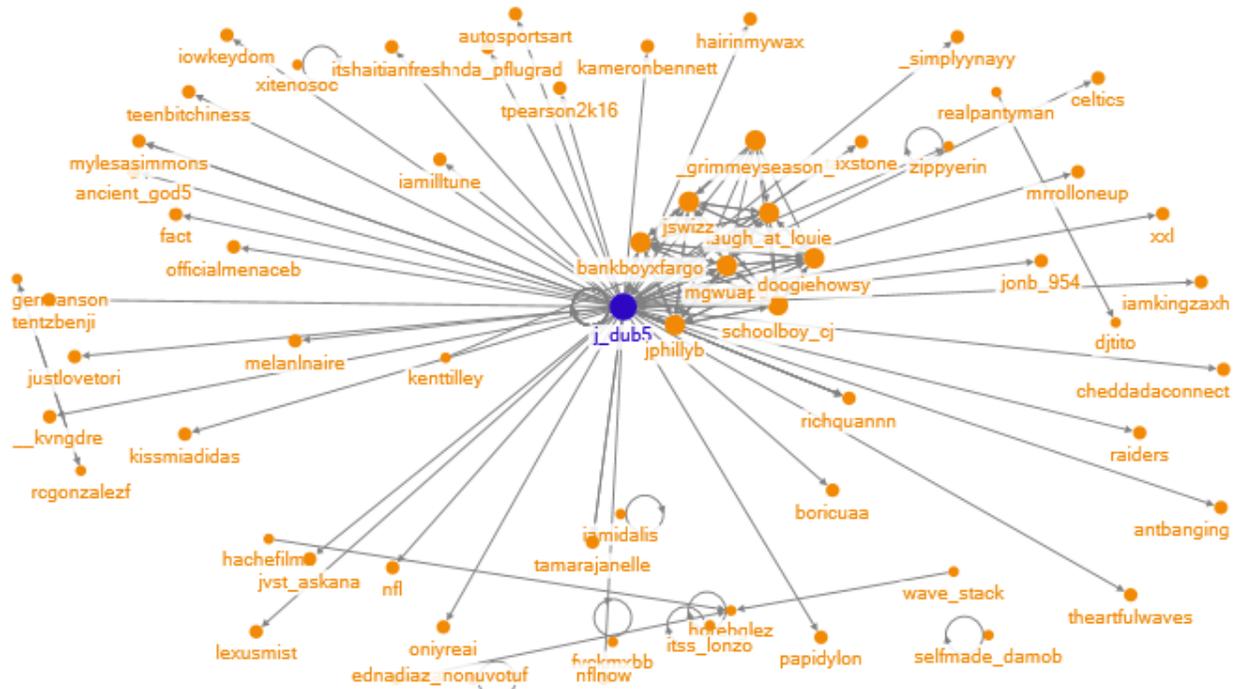
El crecimiento de la empresa también ha sido notable. Además de la matriz, ubicada en Hermosillo, cuenta con oficinas en el estado de Chihuahua y la Ciudad de México, donde periódicamente realiza talleres de Django Girls y UX Design.

Otra compañía que recientemente ha enarbolado la bandera de la conversación necesaria es dub5, compañía de capital canadiense que absorbió una *startup* local llamada Choepo, dedicada al

⁶⁹ Roberto Martínez, CEO de Nearsoft, fue el encargado de ofrecer la plática sobre cultura empresarial durante StartupHMO 2016.

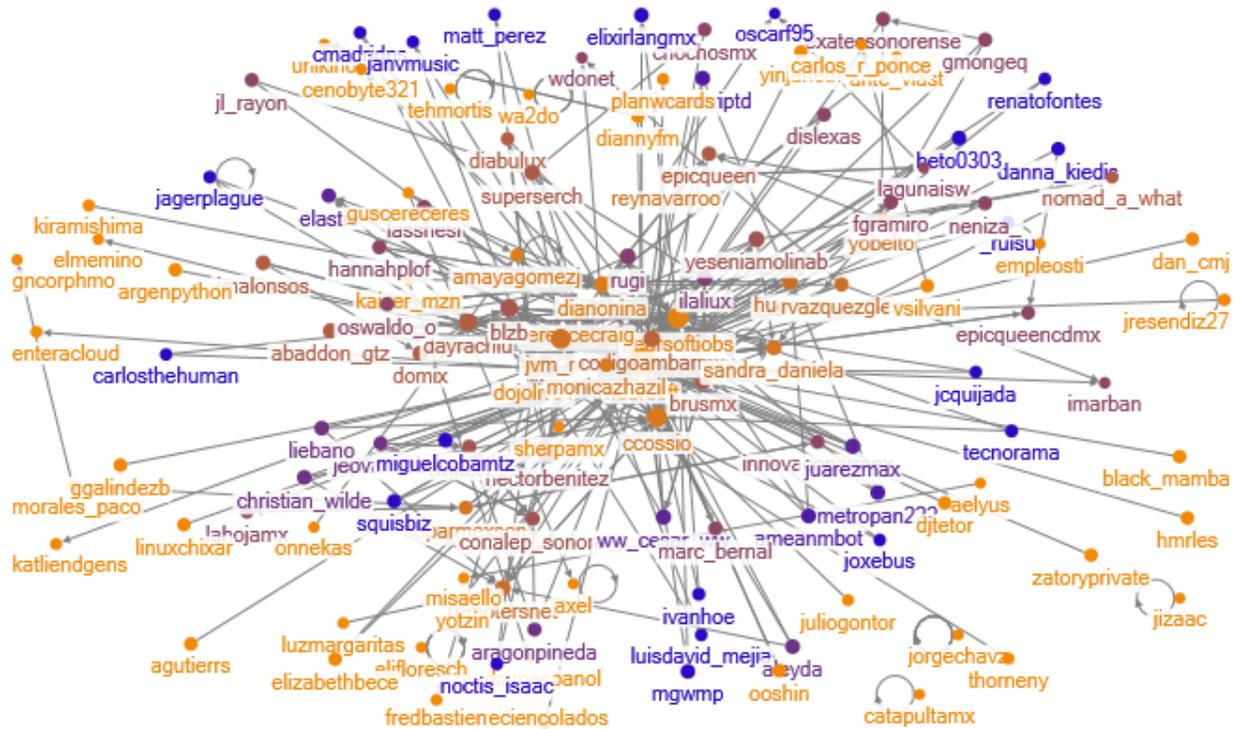
comercio electrónico. La compañía cita el último jueves de cada mes a quienes estén interesados a “platicar sobre tecnología” en un evento al que denomina “*thirsty thursday*”, en el que la idea es reunir personas con intereses afines a tomarse una cerveza y conversar. La oficina de dub5 se encuentra ubicada en una de las zonas más populares y nuevas de la ciudad, lo que atrae a estudiantes jóvenes y talentosos, interesados en aumentar sus conocimientos y hacer *networking*.

Gráfica 13. Red de Dub5



Created with NodeXL (<http://nodexl.codeplex.com>)

Gráfica 14. Red de Nearsoft



Fuente: Elaboración propia. Creada con NodeXL.

Por su parte, el parque tecnológico SonoraSoft (sede de Novutek), hospeda año con año el “*SpaceApp Challenge*”, un evento que se lleva a cabo de manera global en el que se intenta resolver vía software distintos retos que tienen que ver con aplicaciones espaciales, una convergencia interesante con el fenómeno que se viene desarrollando en el estado con la instalación de plantas de manufactura aeroespacial. El evento se llevó a cabo en abril en Ciudad Obregón.

Dicha ciudad también ha sido sede de varios StartupWeekend desde hace ya varios años. Parece haber cada vez mayor interés en el asunto, puesto que el calendario se llena de eventos. La reunión de H/F (Hackers/Founders) Sonora va ya para su novena edición.

La tendencia continúa con “Sonora Talks”, esta vez organizado por el ISJ (Instituto Sonorense de la Juventud) con cupo limitado y gratuito, que los interesados en asistir debían conseguir a través de la red. En este evento la tónica está marcada por dos pláticas ofrecidas por empresarios, seguidas de una sesión de preguntas y respuestas de los jóvenes asistentes.

El manejo de la cuenta @nearsoftjobs es particularmente interesante, puesto que no sólo presenta movimiento constante sino que funciona como amplificador de las actividades de la compañía, no sólo a nivel institucional o como herramienta de marketing, sino invitando a leer entradas en el blog (generalmente contenido técnico, sobre distintos lenguajes o paradigmas) y/o a participar en las transmisiones periódicas de DOJO Live, que se hacen desde la oficina de la ciudad de México.

En estos enlaces virtuales, que se hacen a través de Google Hangout, una persona no experta (del área de marketing) hace primero una breve introducción al tema (generalmente contenido altamente técnico), para después pasar la batuta al entrevistado o especialista, quien interactúa directamente con un joven desarrollador interesado en el tema, quien es el encargado de hacer preguntas, además de las preparadas por el moderador.

Una vez que se agota este modelo, entran las preguntas de las personas que están participando en el *hangout* (videoconferencia grupal), lo que enriquece la conversación. Prácticamente cualquier persona interesada en el tema puede participar. Las invitaciones se hacen públicamente a través de twitter, o en grupos locales de facebook dedicados a temas TIC. Todo es en inglés.

Es conveniente notar que conforme avanzan las tecnologías de *streaming* en tiempo real (*periscope, meerkat, facebook live, instagram stories*) y su uso se masifica, se vuelve posible transmitir charlas y conferencias en el momento que se realizan a partir de una simple conexión WIFI, en muchos casos admitiendo preguntas no sólo de la audiencia en vivo sino también de la audiencia en línea, como si se estuviera allí mismo. Es una práctica que todavía no se ha generalizado en la región, pero cada vez más común.

Otra cuestión que se debe tomar en cuenta es la gestión de conversación dentro de las organizaciones. De los casos entrevistados, sólo uno cuenta con una plataforma interorganizacional tipo “*board*” en el que se tratan distintos temas de la agenda de la compañía, y al cual todos los empleados tienen acceso.

Cualquiera puede abrir un nuevo *board* sobre un tema específico, y todos los interesados pueden participar con sus respuestas, conocimiento y experiencia personal, lo que funciona para mantener una conversación asíncrona y abierta constante entre los miembros de la organización, aunque cada quien esté concentrado en su estación de trabajo.

Por tratarse del sector TIC, es fuerte la participación en foros y grupos online (como *GitHub, Stackoverflow* o plataformas para desarrolladores Windows) que en realidad funcionan como redes sociales de aprendizaje y conocimiento.

Sin embargo, estos forums-repositorios hace mucho tiempo que no son exclusivos de este sector. Actualmente, en GitHub es posible colocar, por ejemplo, *datasets* de análisis biológicos (al igual

que los desarrolladores suben código) e iniciar una conversación al respecto con otros biólogos, que pueden replicar el análisis con sus instrumentos y laboratorio, utilizar técnicas de simulación o sencillamente acceder a los datos de forma abierta para su estudio.

Cuadro 15. Reportes de Observación No Participante

	AMBIENTE COLABORATIVO	HETEROGENEIDAD	OED (OPEN ENDED CONVERSATION)
Hackers & Founders	La reunión se llevó a cabo en un área de descanso de Tiempo Development a las 19:00 horas. El tono y la vestimenta son informales (tenis, camiseta, gorra). Había cerveza y botanas patrocinadas por el host. Los asistentes pueden contribuir con donaciones o descargando una aplicación. Había sillas que se utilizaron durante los “pitches” pero el moderador pidió quitar una vez que inició la etapa de networking para facilitar la socialización. CUMPLE CONDICIONES	El grupo de asistentes era heterogéneo dentro del sector. Había desarrolladores, pero también personas con ideas de negocio en busca de asociados, y jóvenes con iniciativas editoriales en busca de apoyo técnico. El host hizo referencia a un fenómeno de división que se está presentando. Cuando los eventos son patrocinados por una empresa (Tiempo), los de otra empresa no asisten (Nearsoft). CUMPLE PARCIALMENTE	El formato del evento induce a una colaboración abierta, iniciada por cortas presentaciones iniciales planeadas con antelación, y algunas espontáneas –que se alientan-, para después pasar a una etapa de networking en la que los asistentes tienen oportunidad de presentarse entre sí o comentar proyectos e ideas a partir de las presentadas, u otras. No se presta para discusiones complejas, pero sirve de punto de partida y obtención de contactos. CUMPLE CONDICIONES
StartupTalks: Freelancers	La reunión se llevó a cabo en el área de presentaciones de GastroPark Pub & Terraza a las 19:30 horas. El tono y la vestimenta es entre casual y ligeramente formal (atuendo apropiado para oficina). Se aprecia fuerte interés en participar, con más de cien asistentes. La dinámica consiste en colocar una etiqueta adhesiva a cada asistente en la cual se escribe su nombre, y registrarlo en una mesa de acuerdo con su tema de interés. Al finalizar la primera plática, en la cual un empresario/a previamente	El grupo de asistentes es definitivamente heterogéneo. Comprende desde estudiantes y recién egresados hasta empleados de gobierno con inquietudes empresariales. Como puede haber un joven interesado en crear un sello independiente de representación de DJ’s, una joven arquitecta deseosa de emprender su propio negocio de diseño de muebles, un fisioterapeuta interesado en diseñar una app móvil y una logística de negocio a domicilio, o una empresa ya más o menos establecida dedicada a la comercialización de terminales móviles de pago con tarjeta	El formato del evento es mayormente instrumental. La conversación es dirigida, puesto que en los espacios que se dan para platicar hay un moderador que “hace hablar” a los participantes preguntándoles cuál es su idea, cuál es su problema, o cualquier cosa que deseen compartir, cediendo la palabra a uno o a otro. La conversación está muy dirigida hacia los temas prácticos de inicio de negocios, y los organizadores aprovechan para promover su firma –que es una

	<p>concertado platica su experiencia personal, se pide a los interesados en las diversas mesas que se reúnan, se presenten y hablen sobre sus proyectos, guiadas por una de las organizadoras/staff. Durante este intercambio existe conversación, se intercambian tarjetas de negocio, teléfonos o correos, y se conoce a los integrantes de la mesa. Posteriormente se continúa con la siguiente plática empresarial. Sí hay un ambiente colaborativo, aunque la conversación no gira sobre el sector TIC, sino empresarial. Puede generar puntos de partida para colaboraciones posteriores. CUMPLE CONDICIONES</p>	<p>bancaria. De igual manera, las pláticas tienen este sello. La primera plática la ofreció el joven propietario de una firma dedicada al mejoramiento personal y profesional (life coaching), mientras que la segunda una joven dedicada al diseño, fabricación y venta de aretes, con una marca propia en proceso de expansión. Así pues, se observa la presencia de estudiantes, profesionistas y empresarios, pero falta el ingrediente académico. CUMPLE PARCIALMENTE</p>	<p>consultora-, ofreciendo paquetes para nuevas empresas que incluyen desde página de internet hasta manejo de redes sociales, plan de negocios, etcétera. Sin embargo, provee un marco para que se hagan nuevas conexiones, se intercambien impresiones, recomendaciones e ideas, aunque no necesariamente complejas. CUMPLE PARCIALMENTE</p>
Sonora Talks	<p>La reunión se llevó a cabo a las 7:30 en la terraza de la plaza Bicentenario. A pesar del calor, se registró una buena asistencia, previo registro por internet a través de Boletia. En el evento participaron tres speakers, 20 minutos cada uno, con espacio para preguntas y respuestas al final de cada una de sus historias. La dinámica se concentra en las historias sobre el inicio de sus empresas, dificultades que enfrentaron, consejos para los jóvenes emprendedores, etcétera. Ambiente de colaboración, no hay tal, aunque al final se abre un espacio para que los representantes de otros grupos de networking y emprendimiento de Hermosillo inviten a sus reuniones. NO CUMPLE CONDICIONES</p>	<p>Definitivamente se trata de un grupo heterogéneo. Durante la edición de Sonoa Talks del 3 de agosto de 2017, los speakers seleccionados para contar sus historias de éxito fueron, en este orden, la propietaria de una cadena de establecimientos de sushi (administradora, egresada de la UES), un ingeniero dedicado a la manufactura de vasos de cartón personalizado y un arquitecto (egresado de la Unison) dueño de un taller de arquitectura enfocado principalmente en el diseño de restaurantes. El conjunto de asistentes se conformó en su mayoría de jóvenes entre los 20 y 30 años de edad, con un par de excepciones. CUMPLE CONDICIONES</p>	<p>La conversación es 100% dirigida y se realiza en un tono muy formal, con la presencia de la directora del IMJ, foto oficial con los speakers, etcétera. Aunque la conversación puede tomar otro rumbo durante la pequeña sesión de preguntas y respuestas, éste está constreñido por la dirección del evento hacia un par de preguntas, y pasar al siguiente speaker sin profundizar demasiado en algún tema. NO CUMPLE CONDICIONES</p>

Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Industria biotecnológica: Escasa cooperación

El Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Unison, fundado en 1963, se creó como una respuesta a las necesidades de vinculación entre la academia y los sectores público y productivo. Durante esos años, la investigación se orientaba al aprovechamiento de los recursos naturales bióticos y abióticos de las zonas áridas de Sonora.

Durante los años 70 se desarrolló la tecnología para el cultivo del camarón, y se consolidaron los cuerpos académicos que estudiaban la conservación de especies en la zona costera, y que hasta la fecha estudian aspectos de genética y biología molecular para el cultivo de especies.

Este centro se transformó en el Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Unison (DICTUS), y en 1991 creó la especialidad en Camaronicultura, que más tarde (1993) se convertiría en la Maestría en Ciencias en Acuicultura. La Licenciatura en Biología se creó ya en el nuevo milenio, durante el 2004. Actualmente, la Unison ofrece maestría y doctorado en biociencias.

El DICTUS tiene oficinas centrales y laboratorios en Hermosillo, y una estación experimental en Bahía Kino. Cuenta con laboratorios de análisis químicos, bioquímica, genética de poblaciones e histología, así como de ecología, ecología fisiológica, calidad del agua y sistemas de información geográfica y de impacto ambiental. También tiene laboratorios de Ecofisiología Vegetal y Ecología Terrestre.

Según el reporte de la Secretaría General Académica de la Unison (junio 2014 a junio 2015), la División de Ciencias Biológicas y de la salud fue responsable de la mayor cantidad de publicaciones científicas originadas en la institución en revistas arbitradas nacionales e internacionales (99), seguida por las Divisiones de Ciencias Exactas y Naturales e Ingeniería, con 52 y 48 respectivamente.

Es importante iniciar la conversación sobre el sector biotecnológico en Sonora con la Unison porque de acuerdo con la OCDE, la institución, junto con el ITSON y el CIAD, acapara el 99% de los investigadores en el SNI.

Actualmente, en la Universidad de Sonora los proyectos de investigación se concentran en la agrobiotecnología, desde la fabricación de biofertilizantes y la exploración de técnicas de preservación de cosechas de garbanzo hasta la búsqueda de la conservación de la biodiversidad acuícola ante el peligro de extinción que enfrentan especies endémicas como la totoaba, así como los retos que implica el cultivo agrícola en suelos áridos y semi áridos. Sin embargo, a la par se sostienen proyectos relacionados con terapia génica, nanopartículas, nanoplataformas y nanopartículas bimetálicas.

Otros proyectos de investigación se enfocan en la generación de energías renovables, plantas tratadoras, lavado y purificado de gases, nanomateriales, nanoreactores, nanofluidos, biopolímeros y polímeros electroconductores para aplicaciones biomédicas.

Por su parte, en el ITSON, la investigación está orientada a la caracterización bioquímica y bioprosesamiento de productos, producción y aplicación de metabolitos naturales de interés agroindustrial y en general, biotecnología en sistemas de producción agrícola.

En el caso del CIAD, se observan proyectos de investigación altamente especializados en áreas muy diversas, desde producción de hidrogeles a base de polímeros naturales hasta bioquímica comparada y genética de poblaciones de especies acuáticas y biodiversidad. La investigación está altamente orientada a la producción de alimentos de origen animal y vegetal, la agricultura protegida y diversos aspectos de la biotecnología vinculados al desarrollo regional.

Cuadro 16. Actores y capacidades del sector biotecnológico

	IES	GOBIERNO	EMPRESA	AC
BIOTECNOLOGÍA CAFÉ Biotecnología desértica: Espacio y geomicrobiología; Biotecnología de zonas áridas y desérticas.	Unison, ITSON, IGI Estación Regional Noroeste	CIANO, SAGARPA	Hermosillo Drone Lab	
BIOTECNOLOGÍA VERDE	Unison, ITSON	Laboratorio Nacional de Sistemas de Concentración y Química Solar COEES, SEP/SES, Fundación Produce	Sunbionics, Solarscape de México SA de CV, Maeve Tecnología productores especializados de energía SA de CV, Globalmet Sapi de CV, CITRO DES	
BIOTECNOLOGÍA AZUL Biotecnología acuática (marina): Acuicultura, mar y costas, Salud y Nutrición de Peces, Reproducción Animal Acuática, Clonación y Modificación Genética,	Unison, CIAD	CIBNOR campus Hermosillo y Guaymas. CONACYT	Llaos Acuicultura SA de CV	Colegio de Oceanólogos de Sonora AC

Control de Pestes y Enfermedades en Acuicultura y Pesquerías.				
BIOTECNOLOGÍA GRIS Biotecnología clásica. Fermentación. Biotecnología Industrial. Bioprocesos y Fermentación clásica. Ingeniería y Equipo Tecnológico para Bioproducción. Salida vía ciencia intensiva de bioproductos.			Zyptek México SA de CV, Biosistemas y Seguridad Privada SA de CV, Gening Proyectos Biomédicos SA de CV, Rubio Pharma y Asociados SA de CV	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 17. Firmas candidatas a la aplicación del instrumento de investigación (sector biotecnológico)

	PEI	RENIECYT	SOLICITUD DE PATENTE
	Galaz Science and Engineering SA de CV	Ziptek México SA de CV	Galaz Science and Engineering SA de CV
	Sunbionics SA de CV	Sunbionics SA de CV	
	Biosistemas y Seguridad Privada	Solarscape de México SA de CV	
	Llaos Acuicultura SA de CV	Solarsnaps SAPI de CV	Solarsnaps SAPI de CV
	Bioxeco SA de CV	Bioxeco SA de CV	Bioxeco SA de CV
		Gening Proyectos Biomédicos SA de CV	
		Innovación y Servicios en Nanotecnología SA de CV	
	TIS Consulting Group México SA de CV (Livestock Analytics)	Rubio Pharma y Asociados SA de CV	
	Citro-Des S De RI De Cv	Citro-Des S De RI De Cv	

Fuente: Conacyt/Secretaría de Economía/Elaboración propia

La visión inicial del sector es que funciona de manera desarticulada. Tomando como referencia la biotecnología verde (biotecnología agrícola y ambiental, energías renovables), es posible distinguir un buen número de compañías dedicadas principalmente al aprovechamiento de la energía solar, ya que en la entidad se recibe un 45% más que a nivel nacional. Sin embargo, no se tiene conocimiento de ningún tipo de sociedad, asociación o acercamiento entre ellas.

Por su parte, la biotecnología agrícola es quizá una de las más desarrolladas en el estado. Recientemente, una empacadora de chile en San Luis Río Colorado puso en marcha un parque solar de 492 kilowatts, con una inversión de 15 millones de pesos⁷⁰. Otro ejemplo es la integración con el sector TIC con empresas de monitoreo de clima en tiempo real o drones para agricultura de precisión.

La información recopilada durante la fase de entrevistas exploratorias indica que el problema de la cooperación científica y tecnológica en el área de energías renovables es agudo, especialmente debido a que tanto ingenieros en empresas como académicos e investigadores en las IES se perciben como competencia y no se persigue el trabajo en conjunto para la solución de problemas con mayores grados de complejidad, que requieren esfuerzo colaborativo.

Otro problema es el estrecho horizonte en el que operan, pues es rara la empresa que establece contacto con pares, desarrolladores o investigadores de otras regiones (Arizona, California) a pesar de la cercanía geográfica y que están dedicadas a la misma disciplina.

⁷⁰ Noticia publicada el 16 de mayo de 2016 en diversos medios
<http://www.elfinanciero.com.mx/economia/productoras-de-sonora-apuestan-por-generacion-de-energias-limpias.html>

La asociación de entusiastas de autos eléctricos de Tucson, Arizona, por ejemplo, se reúne una vez al mes. Al igual que el capítulo de la misma asociación en Phoenix. En Hermosillo, la feria de autos eléctricos y energías renovables se realizó un par de años (2014, 2015) pero los años subsecuentes ya no se realizó porque el principal organizador decidió abandonar México para perseguir sus intereses profesionales en Estados Unidos.

La investigación formal es escasa, y la que hay, está detenida por cuestiones que tienen que ver con la Reforma Energética.

La biotecnología azul (acuicultura, oceanografía, etcétera) se encuentra un poco más desarrollada debido a su naturaleza endógena. Sonora es un estado con 1200 km de litoral, que se extienden de Huatabampo a San Luis Río Colorado. La pesca de camarón en el Golfo de California es muy importante económicamente, por lo que la investigación de enfermedades de este crustáceo es clave para el estado.

Otra rama de la biotecnología, la biotecnología café (biotecnología desértica: Espacio y geomicrobiología; Biotecnología de zonas áridas y desérticas), es también muy importante dada la naturaleza desértica de la región. No obstante, las investigaciones en el área se encuentran casi exclusivamente en el ámbito académico.

En octubre de 2016, el ITSON fue sede del tercer Encuentro Internacional de Biotecnología (3d Biotechnology Summit 2016), donde especialistas discutieron un conjunto de vectores de esta

ciencia -desde bioterrorismo hasta manipulación genética, bioética, bioinformática y biotecnología clásica⁷¹, lo que abona a la conversación entre los académicos locales.

Muchos investigadores del CIAD contribuyen con la red de investigación BIONNA⁷² (Red de Innovación en Biotecnología para las Américas), y además participan en un gran número de proyectos de investigación interinstitucionales, estableciendo una fuerte comunicación y vínculos de cooperación académica y productiva.

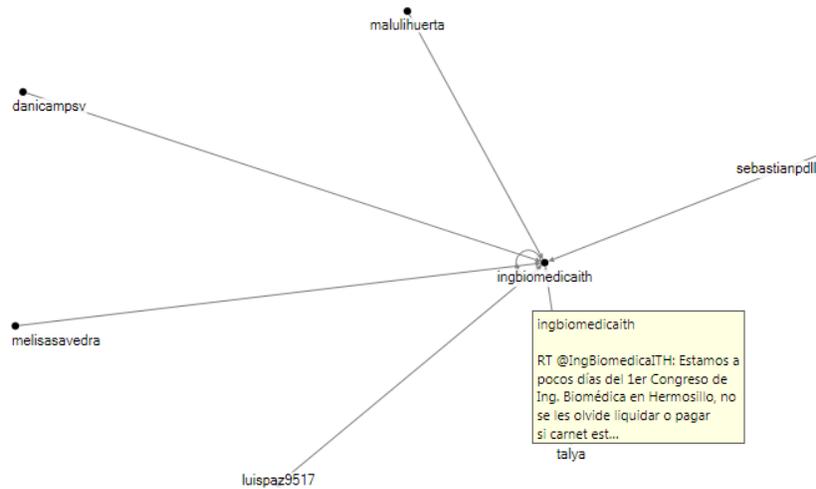
Otro punto relevante es que los resultados de la más reciente convocatoria del Programa de Estímulos a la Innovación incluyen como beneficiario a la compañía CITRO-DES, cuyo proyecto de innovación fue elaborado en colaboración con uno de los profesores investigadores adscritos al programa de Biotecnología y Ciencias Alimentarias⁷³. El boletín de vinculación institucional del ITSON da cuenta de tres proyectos más beneficiados en colaboración con la institución. Dicha IES cuenta con una opción de titulación por registro de patente en coautoría.

⁷¹ Según la clasificación vigente, existen 15 tipos de biotecnología.
<http://www.itson.mx/eventos/biotechnologysummit/Paginas/program.aspx>

⁷² Bionna.org

⁷³ Información publicada en el boletín de Vinculación Institucional del ITSON en marzo de 2016
https://issuu.com/vinculacioninstitucionalitson/docs/boletin_marzo_2016_final

Gráfica 15. Red incipiente de la carrera de Ingeniería Biomédica del ITH



Fuente: Elaboración propia con ayuda de NodeXL

En la gráfica 15 puede observarse una pequeña red conformada alrededor de la carrera de Ingeniería Biomédica del ITH, la única dentro del sector biotecnológico que ha podido identificarse como nodo dentro de la red social *twitter*.

4.4. Sociedad Civil: ¿La cuarta hélice?

Sonora:lab es, según su propia descripción, un organismo descentralizado y sin ánimo de lucro que tiene entre sus propósitos “transformar al estado en un centro de innovación”. La organización nace en 2017 a partir de la iniciativa de sus co fundadores, Manuel Molina y Mauricio Madrid.

A pesar de ser una iniciativa civil, el gobierno del estado no permanece al margen. Entre las diversas actividades que se han puesto en marcha destaca una colaboración con la Harvard School of Public Health, en la que su director -de origen sonoreense- juega un papel activo como agente de cambio en la organización de seminarios dirigidos (1) a académicos e investigadores adscritos a

las universidades, tecnológicos y centros de investigación del estado y (2) ciudadanos interesados en el tema.

La elección de los participantes en estos seminarios se realizó a través de un proceso de selección que incluía la colaboración de los candidatos respondiendo una encuesta con la que se elaboró un diagnóstico del SRI en Sonora -o ecosistema de innovación, la denominación con la que se maneja dentro de este seminario- y diferentes requisitos.

El objetivo general de estos seminarios es la educación de la comunidad científica y los ciudadanos en los temas relevantes para la construcción de un sistema de innovación, para generar una masa crítica que (1) trabaje en proyectos de investigación acordes con esta visión (2) conozca la ruta crítica de los proyectos de innovación y (3) entablar una conversación, que los actores se conozcan y “hablar el mismo idioma”.

4.4.1. Intervención para la creación de espacios de colaboración, difusión, transparencia

La generación de una conversación dentro de los sectores estudiados puede en todos los casos aumentarse con una estrategia de intervención sencilla, informal, relativamente económica y muy sutil, que implica (1) la introducción de plataformas digitales como estrategia de comunicación (blogs, podcasts, canal de youtube, cuentas de facebook y twitter) en las que se dé cuenta del trabajo que se realiza, progresos, objetivos, necesidades, tecnologías, vinculación, novedades y descubrimientos en el ramo, literatura especializada recomendada, etcétera y (2) la puesta en marcha de reuniones informales con periodicidad mensual en los que se aborden temas selectos

dirigidos hacia el gremio profesional pero abiertos al público en general, tal y como se hace dentro de algunas compañías del sector TIC.

Lo anterior permitiría la creación de comunidades, individuos atraídos por el trabajo de cada una de las empresas, estudiantes interesados en incorporarse al mercado de trabajo, jóvenes en busca de una especialización, investigadores interesados en colaborar, profesores en actualizar su cátedra y en suma, generar un proceso de fertilización cruzada hacia y con la participación de la sociedad -incluyendo profesionistas que trabajan con la competencia-, permitiendo el libre flujo de ideas más allá de las aulas, las salas de capacitación, los congresos, las conferencias.

Además de servir como antídoto contra tribalismos y territorialidades, este curso de acción serviría para multiplicar la socialización del conocimiento -a diferencia de los bienes naturales y la tragedia de los comunes, el conocimiento es inagotable-, posibilitando oportunidades de desarrollo endógeno que no podemos imaginar, y generando nuevas comunidades de práctica.

Este fenómeno es ya observable dentro de los escenarios actuales, pero solamente dentro del sector de las Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones, que es el que presenta mayor apertura. Las reuniones informales en casas particulares que se realizaban durante el 2008 han evolucionado una década después a *meetups* especializados con objetivos muy concretos de aprendizaje social. Los jóvenes estudiantes que asistían a estas reuniones hoy son empresarios ganadores de premios a estímulos a la innovación, creadores de *startups*, investigadores.

Lo anterior es posible y realizable a través de unidades de enlace y comunicación con entidades como Coecyt, estableciéndose como una obligación a las compañías STEM que se establezcan en territorio sonorenses, y especialmente a las que reciban financiamiento público para sus operaciones. Actualmente resulta sumamente difícil encontrar información de dichas compañías, pues ésta se encuentra completamente dispersa, no existen páginas locales, y es prácticamente imposible localizar un contacto.

La necesidad de un sistema de información concentrador, que ponga al menos cierto orden en el caos, es muy clara, como lo es la urgencia de la socialización del conocimiento.

En vista de que las compañías están 100% enfocadas en cuestiones de operación y en la mayoría de los casos no disponen de recursos o capacidades para atender esta necesidad -prioritaria si se quiere mejorar el nivel de la conversación STEM-, es tarea del estado disponer los elementos logísticos para crear los puentes necesarios entre entidades productoras de bienes y conocimiento, y la sociedad que está íntimamente relacionada con su producción y consumo.

Dicha sociedad sería la beneficiaria directa del crecimiento económico que implicaría la maduración de los ecosistemas que componen los diferentes sectores estudiados, y la consiguiente evolución hacia un Sistema Regional de Innovación consistente.

Conclusiones

En un SRI perfecto, las organizaciones educativas y de investigación interactúan con las compañías con el objeto de desarrollar y transferir *know-how*. Los intermediarios juegan un

importante rol en facilitar esta transferencia, al igual que el resto de quienes constituyen la infraestructura de conocimiento.

El rol del sector público es desarrollar un ambiente conductivo para la innovación, e intervenir donde el alto riesgo involucrado no pueda ser cubierto por iniciativas privadas. Las demandas del mercado actúan como la fuerza motora para las compañías y define gran parte de la dinámica del sistema. Si los elementos y los vínculos faltan o son débiles, el sistema de innovación es poco eficiente y poco capaz de adaptarse a los nuevos desarrollos en el mundo circundante (Molle y Djarova 2009).

Sin embargo, esta perfección no existe como tal, mucho menos en Sonora. Lo que tenemos son pequeñas burbujas o casos de éxito lo suficientemente interconectadas para sobresalir, pero no lo suficiente comprometidas con la formación de comunidades, transferencia de conocimiento y participación en la conversación (o creación de una nueva), con muy pocas excepciones.

Esta cultura prácticamente no existe en el sector biotecnológico, y en el aeroespacial aún menos, lo que obstaculiza que el estado pueda superar estas barreras en las próximas décadas a menos que se desarrollen buenas estrategias de intervención. Es como si las tuberías estuvieran obstruidas en las partes en que fluye más líquido.

Tras un recorrido compuesto por análisis de redes sociales, observación del espacio público (digital), entrevistas exploratorias y monitoreo de medios escritos, apoyados principalmente en las tesis de Ostrom y Lester y Pioré, se concluye que se requiere trabajar las siguientes cuatro

dimensiones: (1) Innovación, (2) Conversación, (3) Interpretación y (4) Rasgos psicológicos (Curiosidad, Creatividad, Diversidad, Autoaprendizaje y Tolerancia al riesgo).

La segunda y tercera dimensión, ampliamente relacionadas, persiguen penetrar el espíritu de cooperación del individuo y su capacidad para abstraer nuevos conceptos e ideas. Con el avance de las entrevistas exploratorias, se detecta que una forma de humildad es característica de las personas dispuestas a participar, escuchar, buscar ayuda, trabajar en equipo y/o hacer funciones de *mentoring*, etcétera.

Es evidente que diversos factores culturales e institucionales afectan nuestras expectativas del comportamiento de los otros, así como sus expectativas del nuestro (Allen, citado por Ostrom 2005). Un sistema adaptativo complejo, como se dijo antes, no funciona en el vacío, sino que coevoluciona con todos estos factores, al igual que cada uno de sus nodos, de maneras intensamente individuales en ocasiones impenetrables.

El estudio de las redes del SRI, y especialmente de la innovación, puede realizarse desde distintos niveles de análisis, tan minucioso como se quiera o necesite, colocando sólo uno de los componentes del sistema en la mesa de disección, y con tantas variables como se requiera.

Para los propósitos de esta tesis, una lente de amplio espectro que brinde un panorama completo de sus componentes, aunque no demasiado detallado, aunado al conjunto de variables concretas asociacionales y de comportamiento a nivel firma propuestas, es suficiente para aplicar un modelo

de sistema basado en agentes, detectar patrones, y establecer un punto de partida para el análisis de la situación en que se encuentra el sistema.

En definitiva, las estrategias de soporte a la innovación deben adaptarse al contexto y la cultura local (Galvez et al 2013), pero... ¿Cuál es este contexto? ¿Cuál es esta cultura? ¿Es la misma para todos los sectores? El análisis derivado de la aplicación del instrumento de investigación debería arrojar un poco de luz o al menos datos empíricos sobre estas interrogantes, especialmente en términos de la metaversación que se está sosteniendo (o no) dentro de las redes del SRI en este preciso momento.

Capítulo V. La calidad de las redes sectoriales dentro del SRI de Sonora con base en la aplicación de ARS (Análisis de Redes Sociales)

Por regla general, los sistemas en red se comportan como un Sistema Adaptativo Complejo (SAC). Al analizar las redes del SRI (Sistema Regional de Innovación), forzosamente estamos lidiando con un SAC, cuyos agentes protagonizan múltiples conexiones en evolución constante, que no sólo se afectan entre sí, sino que también afectan la morfología de la red.

El ARS (Análisis de Redes Sociales) es necesario para analizar éstas, mientras que la teoría de sistemas complejos, que se aborda en el siguiente capítulo, nos orienta en la búsqueda de comportamientos emergentes.

En este capítulo se realiza un análisis de las redes del SRI de acuerdo con los resultados arrojados una vez aplicado el cuestionario de investigación dedicado a (1) la generación de nodos mediante el método de bola de nieve, (2) el dataset de variables o atributos asociados a dichos nodos (nivel de curiosidad, nivel de aceptación del riesgo, etcétera) y (3) las variables asociacionales, que dentro de la taxonomía de los tipos de relaciones utilizada por Borgatti (2014) corresponden a eventos relacionales con base en interacciones y flujos.

El nivel de análisis ocurre a nivel *network*, y el tipo de nodo representa una colectividad (firma, organización, etcétera). En un primer apartado se realiza el trazo básico de las redes sectoriales. En todos los casos se trata de redes multiplex, es decir, superposiciones de redes creadas con base en cinco variables asociacionales. También se introduce el análisis de métricas generales de la red.

En un segundo apartado se analiza el componente de calidad de dichas redes por sector, profundizando en temas de clusterización, hoyos estructurales, centralidad y *gatekeepers*.

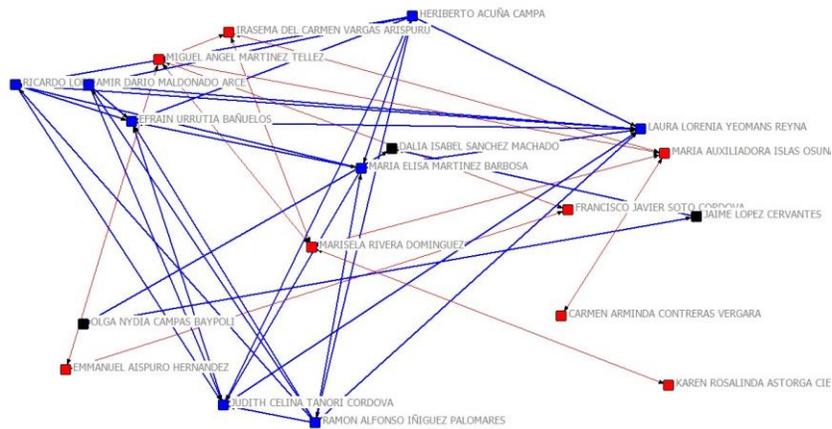
Un tercer apartado recoge las redes sectoriales para realizar un trazo intersectorial, en el que se muestran de existir las conexiones y convergencias entre nodos pertenecientes a los tres sectores analizados.

Finalmente, se trazan algunas de las conclusiones centrales derivadas del análisis de redes sociales del SRI del estado, así como algunas de sus posibles implicaciones para la generación de nuevo conocimiento y el desarrollo económico de la entidad.

5.1. Trazos básicos del SRI

El modelado de la red comenzó a explorarse con base en nodos individuales, e inició a manera de piloto con el trazo de un grupo de agentes relevantes de IES dentro del sector biotecnológico, con el objetivo de repicarlo después en los otros sectores. Se trata de agentes pertenecientes a grupos de investigación científica del CIAD, ITSON y UNISON. Aparentemente es una red conectada, pero se trata de tres redes aisladas superpuestas.

Gráfica 16. Grupos de Investigación consolidados del área biotecnológica



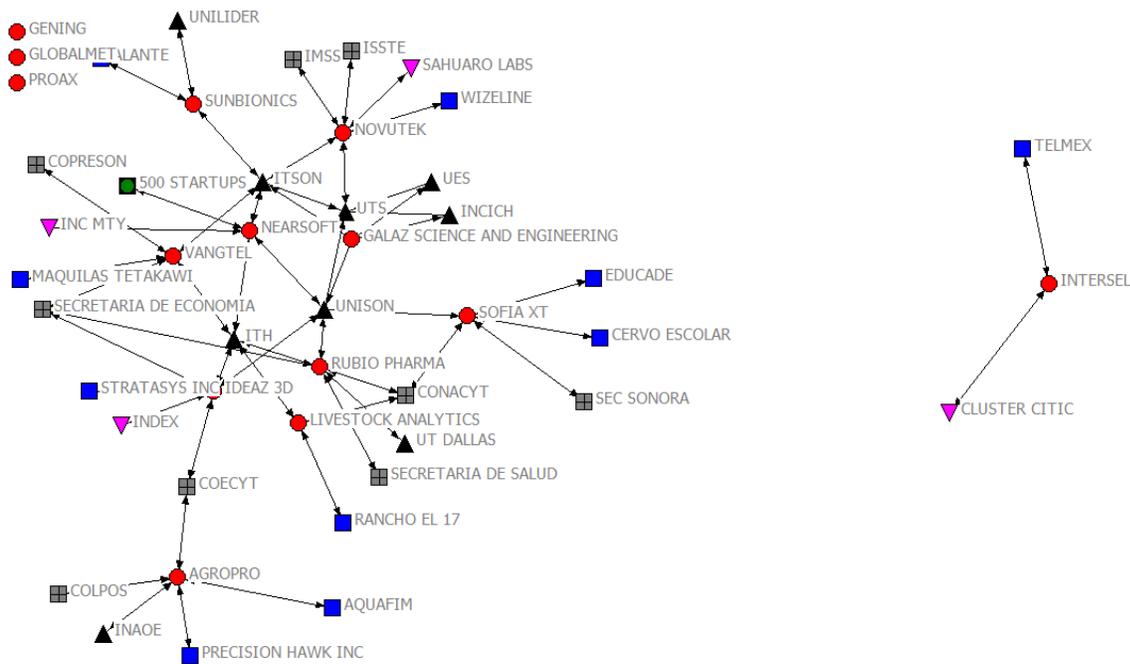
Fuente: Elaboración propia utilizando el software Ucinet.

Todas estas personas –una ego network- recibieron un correo invitándolas a participar en el cuestionario de investigación, con el fin de generar nuevos nodos y actores tanto del mismo tipo (IES) como otros (Firmas, Gobierno, Organizaciones Civiles). La tasa de respuesta resultó extremadamente baja, quizá debido a la especificidad de las preguntas.

A pesar de que fue posible construir una red diminuta a partir de éstas pocas respuestas, conformada principalmente por académicos, ésta resultó demasiado limitada, por lo que se recurrió, tal como se plantea en el capítulo 3, complementar este esfuerzo con actores identificados por otras vías, tales como el monitoreo de medios impresos, electrónicos y redes sociales. La tasa de respuesta resultó, de nuevo, muy baja, y poco útil puesto que muchos encuestados omitieron la información de tipo relacional, por lo que se resolvió concentrar los esfuerzos en el análisis de nodo a nivel firma.

Así, se envió un nuevo cuestionario de investigación (Cuestionario B) dirigido a las empresas identificadas como candidatas dentro de los tres sectores estudiados, proceso a partir del cuál se identificaron las relaciones que se pueden observar en la figura 17.

Figura 17. Las redes del SRI de Sonora



Fuente: Elaboración propia utilizando el software Ucinet.

Los actores marcados en color azul (cuadros) indican que se trata de una empresa. El color rojo indica empresa + nodo base (círculos), el negro IES (Institución de Educación Superior, identificada con un triángulo), el gris institución de gobierno (cuadro cruzado), y el violeta (triángulo invertido) organización civil, asociación, etcétera. Como puede observarse, una muestra relativamente pequeña de nodos base seleccionados con énfasis en su capacidad de innovación produce una red de 47 nodos.

La red presenta densidad baja. Sin embargo, pueden observarse dos instituciones de educación superior con mayor grado de centralidad: Unison e ITSON. También aparecen con un importante grado de centralidad intermedia las empresas Agropro, Ideaz3D y Novutek, la primera centrada en la agricultura de precisión con la ayuda de drones, y por tanto cruzando la línea entre los sectores agrobiotecnológico y TIC, la segunda, en la manufactura aditiva, es decir, impresión en 3D, cruzando también una línea entre el sector TIC y el aeroespacial, y el tercero, *un spinoff* del ITSON dedicado a la manufactura de software. El Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (Coecyt) también ocupa una posición importante en términos de centralidad intermedia.

En el cuestionario, los actores identifican el tipo de relación con el nodo mencionado, es decir, si se trata de un convenio institucional, prácticas académicas, intercambio de información científica, uso de materiales, etcétera.

Los tipos de relación posible son: (1) Mentoría, (2) Intercambio de Textos Científicos, (3) Intercambio de laboratorio, (4) Intercambio o préstamo de materiales (5) Asesoría (6) Coautoría de textos, (7) Convenio Institucional y (8) Estancias y residencias.

Al corte del levantamiento de datos para la elaboración de este documento, la mayor cantidad de lazos se centran casi exclusivamente en los tipos de relación 5, 7 y 8, pero también se menciona el 1. Rara vez se presenta un doble lazo, de hecho solamente ocurre en una ocasión, entre Ideaz 3D y el Instituto Tecnológico de Hermosillo.

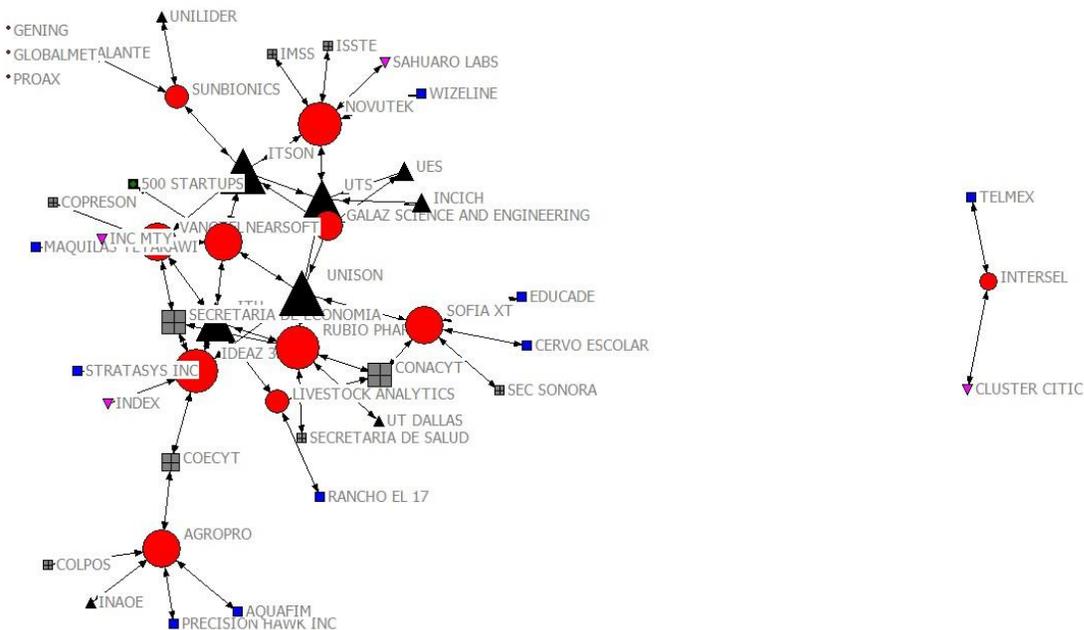
La presencia de lazos relacionales dobles o triples indican una red de mayor calidad, que no se limita a un convenio de colaboración o la sola recepción de estudiantes para prácticas, sino que

sostiene interacciones más significativas y constantes, ya sea por estas dos vías o a través de prácticas de mentoría, intercambios, etcétera.

5.2. Análisis de métricas

Conforme a la teoría de redes, la posición dentro de la estructura de la red tiene determinadas implicaciones para el nodo (actor o agente). Así, el Degree (que puede ser In o Out, en este caso no importa porque se considera que las relaciones expresadas son recíprocas), por ejemplo, nos muestra qué tan conectado está un nodo contabilizando los lazos que mantiene, o con cuántos nodos está conectado.

Figura 17. Degree Centrality o Centralidad de Grado



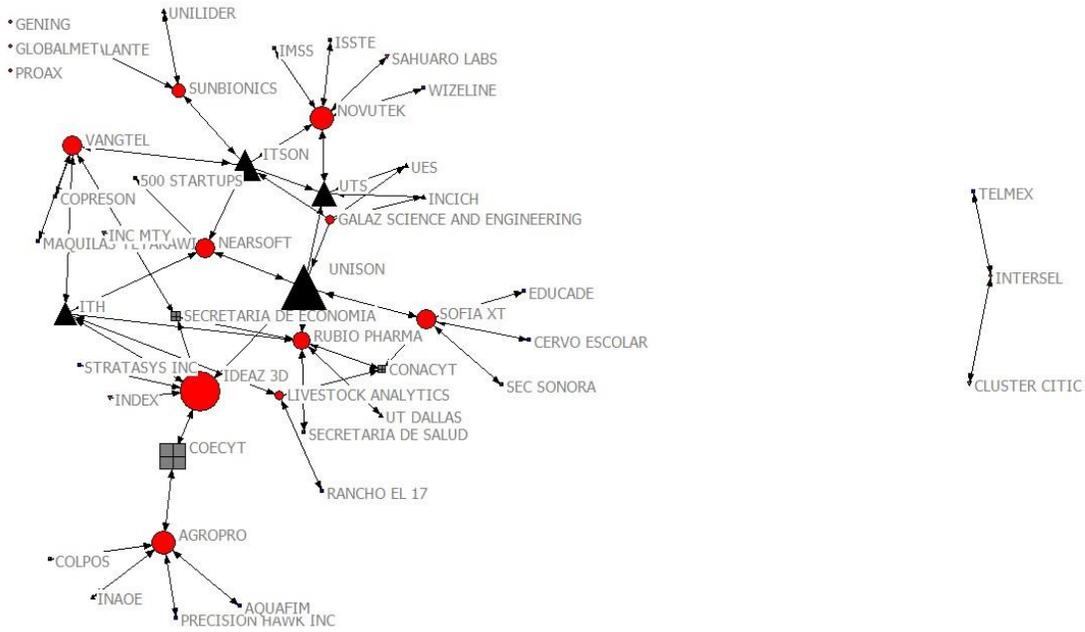
Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse en la figura 17, la gran mayoría de las firmas aparece poco conectada, y varias completamente aisladas, lo cual no es del todo cierto, puesto que es resultado de la decisión de dichas compañías no incluir dicha información, o introducirla con información demasiado general (ya que la validación del cuestionario impide saltársela). Es el caso de Intersel, Globalmet, Gening y Proax.

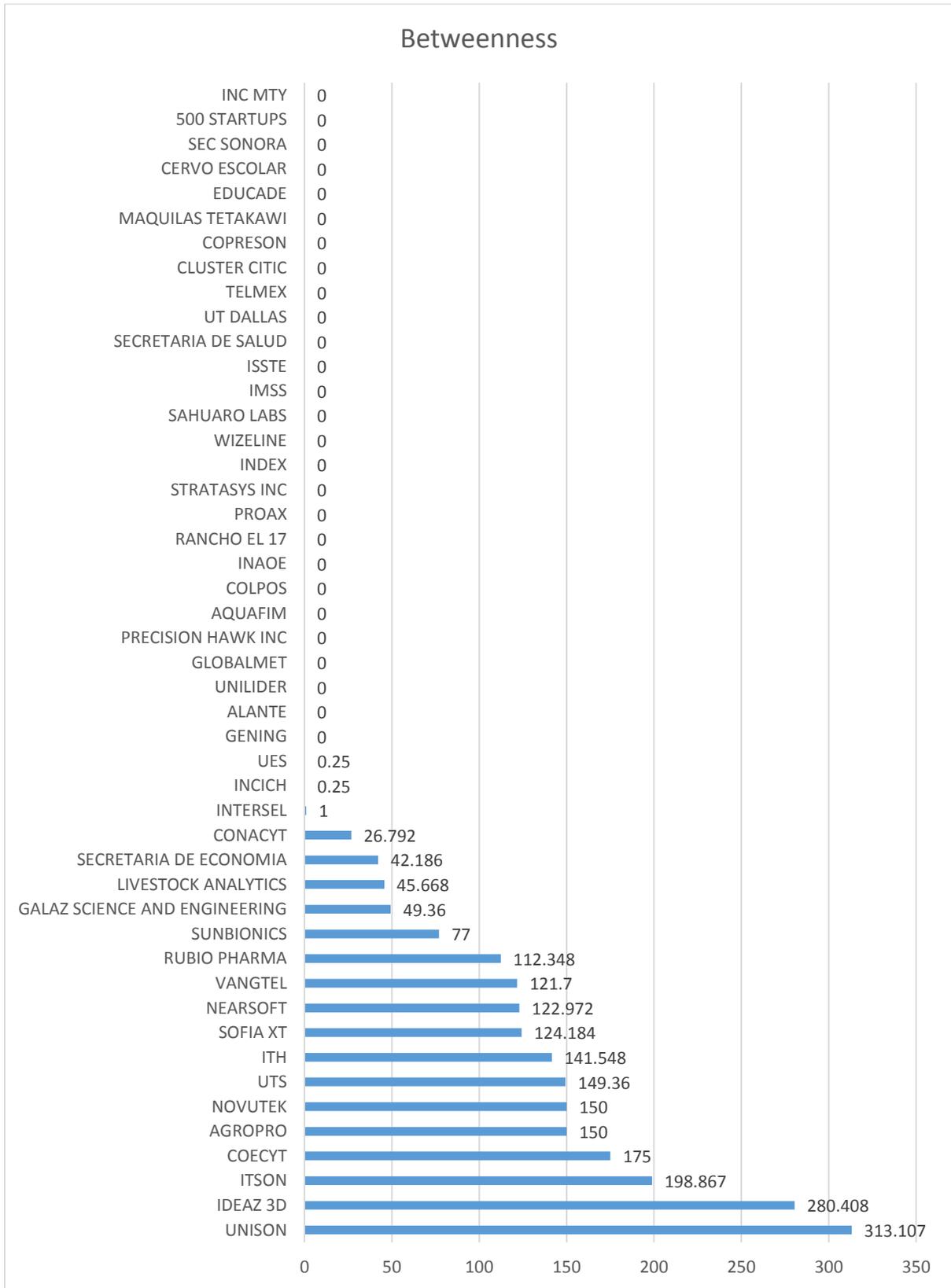
En esta gráfica, el tamaño del símbolo está directamente relacionado con el grado de centralidad. Así, observamos que Novutek, Ideaz 3D, Sofia XT, Vangtel, Nearsoft y Rubio Pharma son las firmas más conectadas, en tanto que Unison, ITSON, ITH y UTS, las instituciones educativas con mayor número de conexiones.

Por motivos como el anteriormente expuesto, y aunque el cuestionario es un valioso instrumento en la construcción de esta red, es deseable complementar el análisis con otras fuentes, como las redes en social media (un tipo de *Open Networks*, como se expone en el capítulo anterior) y/o la mención de convenios o trabajos conjuntos en notas periodísticas.

Figura 18. Betweenness Centrality o Centralidad Intermedia (Intermediación)



Cuadro 18. Métricas de centralidad Intermedia



Fuente: Elaboración propia.

En teoría de grafos y análisis de redes la centralidad en un grafo se refiere a una medida posible de un vértice en dicho grado, que determina su importancia relativa dentro de éste. Conocer la centralidad de un nodo puede ayudar a determinar, por ejemplo, el impacto de una firma, institución u organización involucrada en una red social. No se trata de un atributo intrínseco, sino estructural.

La intermediación (betweenness centrality) 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 dos nodos. La figura 18 (que ilustra esta centralidad intermedia) pone de relieve la cantidad de actores ubicados en la periferia, es decir, con pocas o sólo una conexión, los cuales tienen un valor de centralidad inferior. Los nodos fuera de la red inicial o ego network tienen a su vez conexiones hacia afuera que aquí no se grafican ni se exploran, puesto que no pertenecen al SRI. Tal es el caso, por ejemplo, del INAOE.

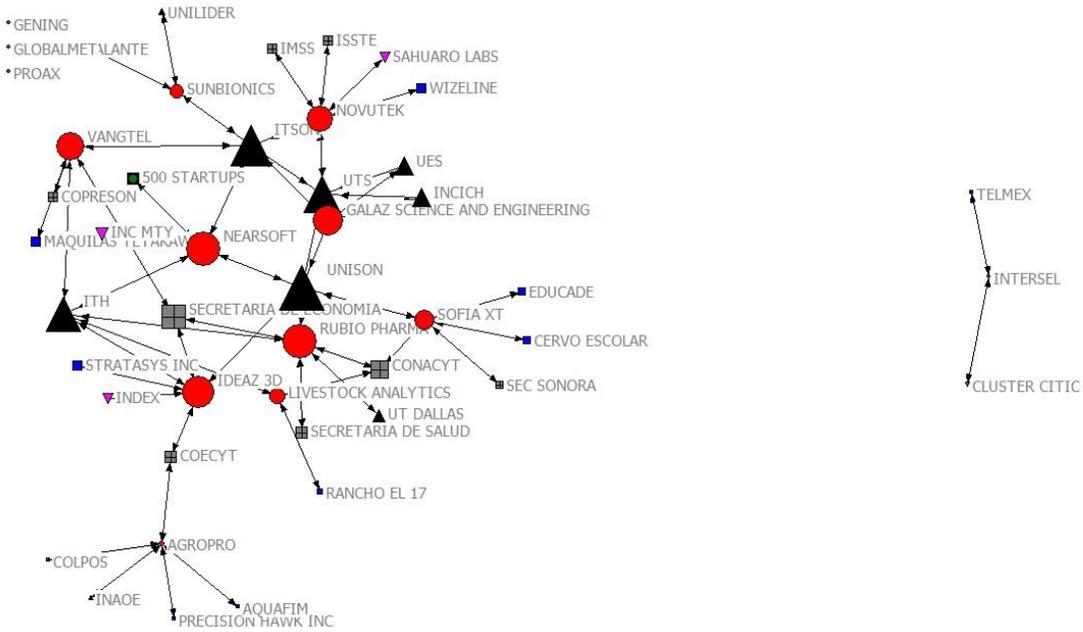
Unison destaca con el mayor puntaje de centralidad intermedia, seguido por Ideaz 3D e ITSON, y en cuarto lugar COECYT. Los nodos con una alta intermediación suelen jugar un rol crítico en la estructura de la red, cuando hay grandes flujos de información que son transportados por nodos pertenecientes a grupos compactos. En una red social están relacionados con los agujeros estructurales (structural holes), es decir, con aquéllos nodos de los que depende la integración de algunos componentes de la red.

Los nodos que poseen una posición de intermediarios de alguna manera son también controladores o reguladores del flujo de información. Así, en un proceso de difusión, si el valor de intermediación de un nodo es alto entonces puede actuar como un *broker*, y si es suficientemente alto como para controlar el flujo de información, entonces puede actuar como un *gatekeeper*. Además, en caso de considerar estrategias de intervención, estos nodos pueden convertirse en agentes clave para integrar al resto de los nodos (Maya 2016).

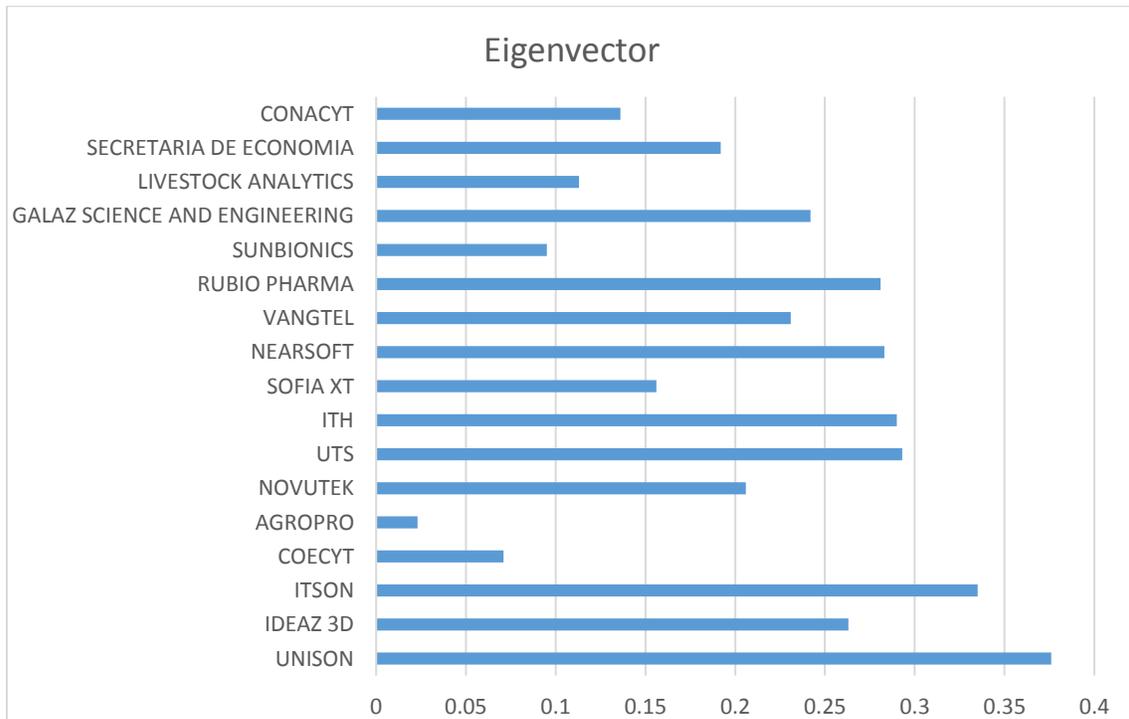
Por otra parte, la Centralidad de Vector Propio o *Eigenvector Centrality*, mide la influencia de un nodo en una red. Corresponde al principal vector propio de la matriz de adyacencia del grafo analizado. Los nodos que poseen un valor alto de esta medida de centralidad están conectados a muchos nodos que a su vez están bien conectados. Los nodos más centrales en este sentido corresponden a centros de grandes grupos cohesivos.

Mientras que en el caso de la centralidad de grado cada nodo pesa lo mismo dentro de la red, en este caso la conexión de los nodos pesa de forma diferente.

Figura 19. Centralidad de vector propio o Eigenvector



Cuadro 20. Métricas de Centralidad del Vector Propio



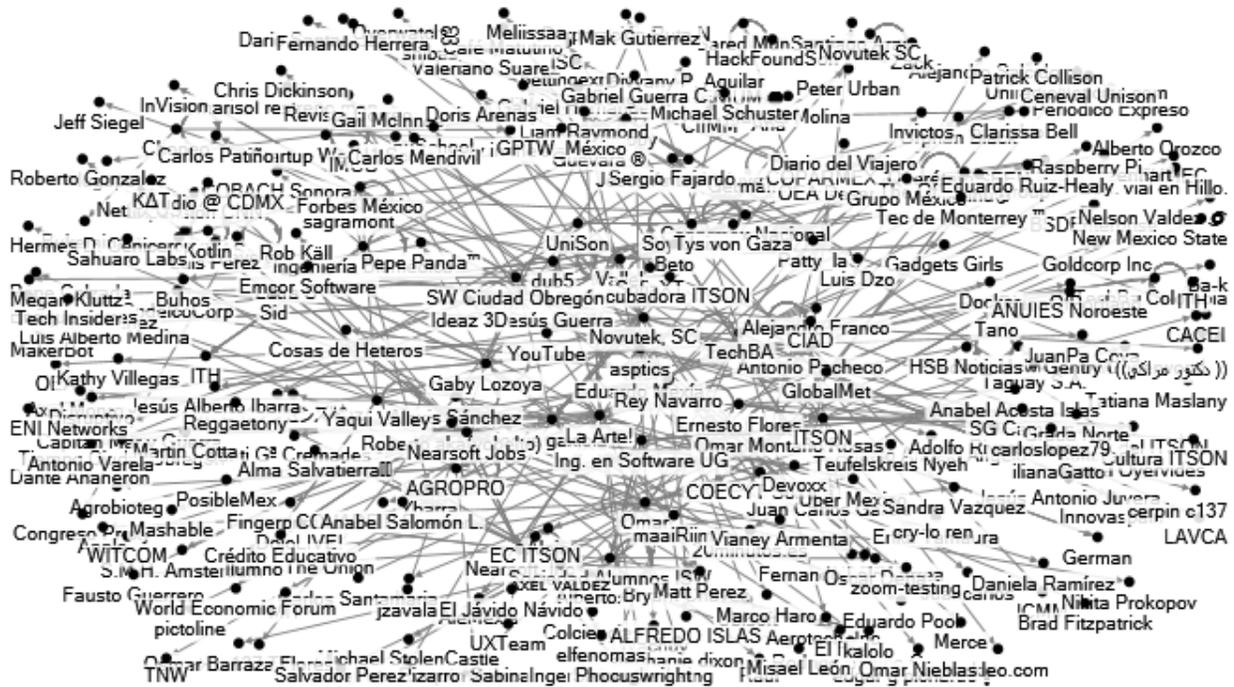
Fuente: Elaboración propia

En este caso, la puntuación más alta corresponde al ITSON y a la Universidad de Sonora, seguidos de cerca por el ITH y la UTS. Las compañías con mayor índice Eigenvector son Nearsoft y Rubio Pharma, así como Ideaz 3D y en menor medida, Galaz Science and Engineering. En este caso resulta preocupante la baja puntuación en que se sitúa el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología, que en teoría debería tener uno de los índices más altos, y por ende, ser uno de los nodos de mayor influencia.

5.3. Clusterización

Los datos disponibles actualmente en el trazo de la red SRI a través de variables relacionales arbitrarias son insuficientes para determinar niveles de clusterización. Sin embargo, las redes de escala libre (Free Scale Networks) nos permiten una aproximación al fenómeno. Como puede apreciarse en la figura 20, cuando se analiza indistintamente nodos tanto a nivel organización como individual, obtenemos una red muy densa e interconectada.

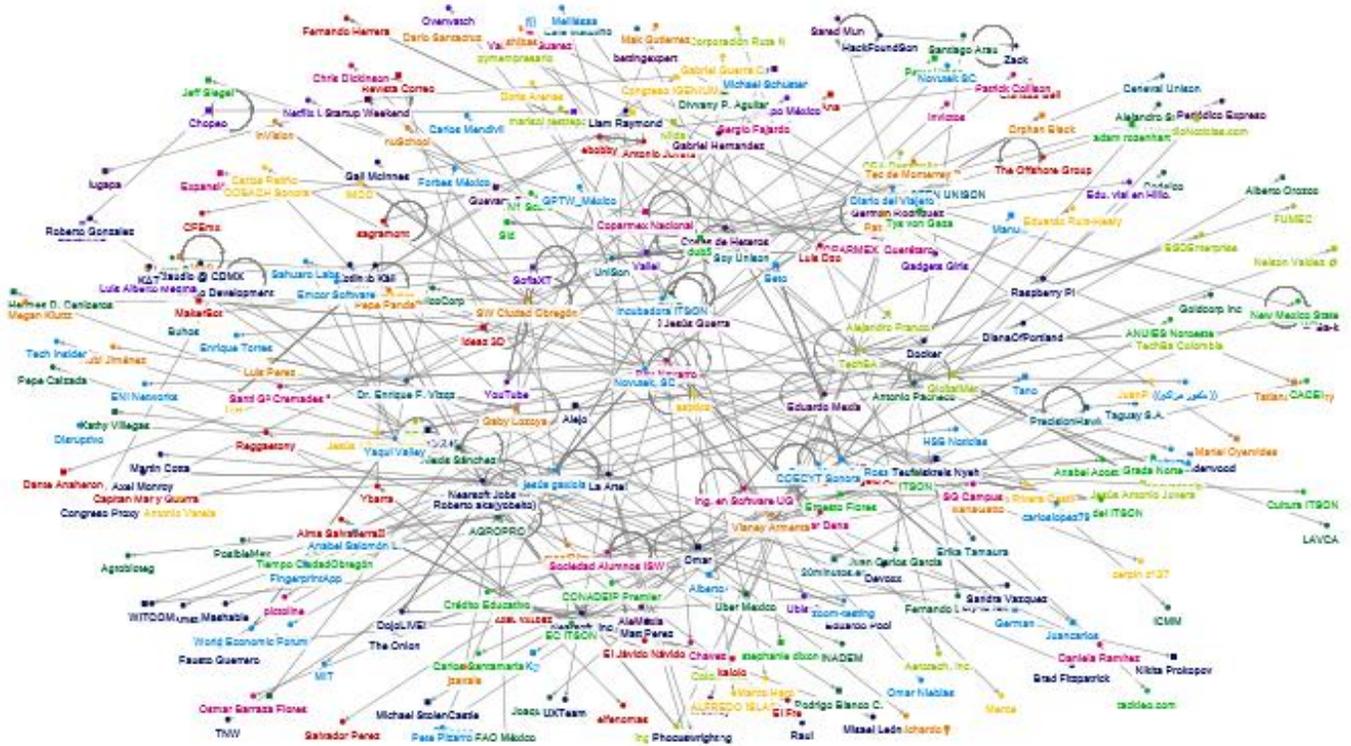
Figura 20. Free Scale Network de actores del SRI de Sonora



Created with NodeXL Pro (<http://nodexl.codeplex.com>) from the Social Media Research Foundation (<http://www.smfoundation.org>)

Para la obtención de este grafo se utilizó un listado de aproximadamente 50 actores identificados como clave dentro de los diversos sectores estudiados, lo cual arrojó un complejo entramado de relaciones que incluyen los nodos con los que se registran interacciones recientes. En ella se incluyen no sólo las relaciones entre estos agentes, sino además las que estos mantienen con otros agentes “fuera” de la red local detectada –que pueden formar o no parte del SRI-, con los que a su vez se conforma una red mucho más amplia. Esta red ampliada se obtiene utilizando la función de importación de relaciones tomando en cuenta las últimas menciones o réplicas (*replies*) de los últimos *tweets* vía NodeXL Pro.

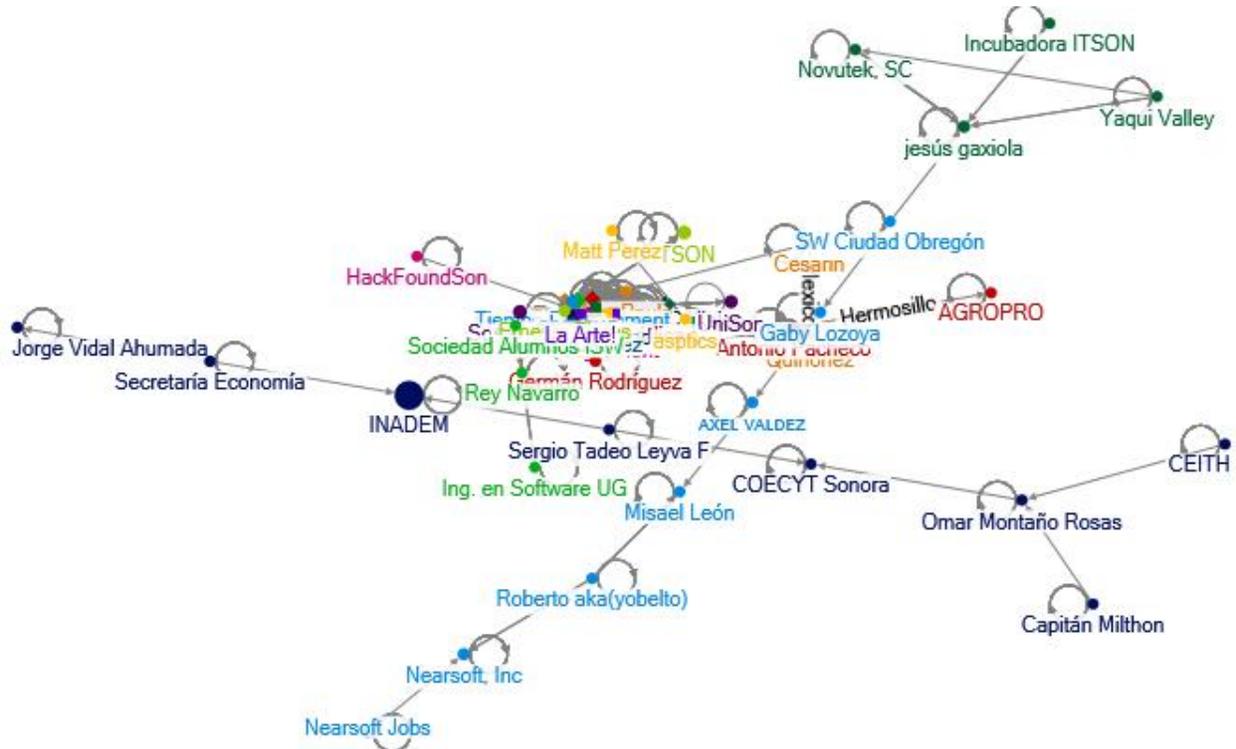
Figura 21. Separación por grupos



Created with NodeXL Pro (<http://nodexl.codeplex.com>) from the Social Media Research Foundation (<http://www.smrfoundation.org>)

En la figura 21 se identifican grupos de interacción frecuente, los cuales son señalados por color. Así, el grupo azul incorpora a Novutek, Incubadora ITSON, Yaqui Valley, Coecyt Sonora, y Sahuaro Labs, entre otros nodos, mientras que otro grupo (color violeta) incluye la carrera de Ingeniería de Software Unidad Guaymas y a la Sociedad de Alumnos de dicha ingeniería, en conjunto con sus redes extendidas. Esta gráfica es muy útil para identificar nuevos actores y una escala más cercana a la realidad de los agrupamientos y su comportamiento en red, pero debido al volumen de nodos no permite ver con claridad la segmentación de éstos, útil para la aplicación de políticas de intervención. Sin embargo, descartando la red extendida, y utilizando el algoritmo de representación gráfica Harel-Koren Fast Multiscale, obtenemos la figura 22.

Figura 22. Los grupos de la red base



Fuente: Elaboración propia con NodeXL Basic.

De acuerdo con esta figura, segmentada por grupos, se forman algunos relevantes, y otros meramente circunstanciales. Aparecen el grupo G1 (azul marino), en el que entra el secretario de economía, Jorge Vidal Ahumada, así como la propia institución, el COECYT y un par de estudiantes destacados del ITH. El G2 (azul claro), más significativo, en el que intervienen el CEO de Nearsoft y dos cuentas institucionales de la firma, así como dos de sus trabajadores. Éstos aparecen interconectados con la cuenta de Ingeniería de Software de Cajeme, así como con uno de los agentes más activos de dicha localidad en temas de emprendimiento, startups, etcétera. En el G3 (verde oscuro) se incorporan la empresa Novutek, el profesor Jesús Gaxiola, la incubadora del ITSON y lo que se conoce como Yaqi Valley, un grupo dedicado a promover la zona en materia de desarrollo de software e iniciativas de emprendimiento tecnológico. El grupo G4 (verde claro)

está conformado por la carrera de Ingeniería de Software del ITSON unidad Guaymas, la sociedad de alumnos de la misma, y su entonces presidente⁷⁴, el joven estudiante Rey Navarro.

Cuadro 22. Nodos pertenecientes a los agrupamientos G1, G2, G3 y G4

G1	milthonnada	G2	swobregon	G3	novutek	G4	iswguaymas
G1	omarrosas18	G2	dglozoya	G3	jesusgaxiola	G4	sociedadisw
G1	coecyt	G2	axel	G3	yaquivalley	G4	reyisw
G1	soyceith	G2	misaello	G3	incubaitson		
G1	sergiotadeo4	G2	nearsoftjobs				
G1	inadem_se	G2	nearsoft				
G1	economiasonora	G2	yobelto				
G1	jvidal						

Fuente: Elaboración propia

Como se observa, el sector aeronáutico/aeroespacial registra una participación básicamente nula dentro de la conversación sostenida en el territorio informacional a nivel regional, limitada en el caso de Maquilas Tetakawi al reclutamiento de personal. Por su parte, el sector biotecnológico registra participación medianamente activa con empresas como Agropro y GlobalMet, así como la incipiente presencia de la carrera de Ingeniería Biomédica en el ITH.

En el caso de la red de escala libre, las medidas de centralidad intermedia, eigenvector y el coeficiente de clusterización pueden observarse en el cuadro 23.

⁷⁴ El corte de esta red fue realizado el 5 de diciembre de 2017.

Cuadro 23. Medidas de centralidad correspondientes a la red de escala libre

Maximum Betweenness Centrality	50.000
Average Betweenness Centrality	5.909
Maximum Eigenvector Centrality	0.250
Average Eigenvector Centrality	0.015
Maximum Clustering Coefficient	0.500
Average Clustering Coefficient	0.039

dglozoya	50.000	jesusgaxiola	0.250	anapaulavill	0.500
axel	48.000	novutek	0.179	cesarterrazasra	0.500
swobregon	48.000	yaquivalley	0.179	luispaz9517	0.500
jesusgaxiola	46.000	swobregon	0.135	novutek	0.500
misaello	42.000	incubaitson	0.104	yaquivalley	0.500
yobelto	32.000	dglozoya	0.073	jesusgaxiola	0.083
coecyt	24.000	axel	0.039		
sergiotadeo4	24.000	misaello	0.021		
omarrosas18	22.000	yobelto	0.011		
inadem_se	20.000	nearsoft	0.006		
nearsoft	18.000	nearsoftjobs	0.002		
economiasonora	12.000				
japacheco	2.000				
sociedadisw	2.000				

Fuente: Elaboración propia. Generado con NodeXL Basic.

En el cuadro 23 se muestra la centralidad intermedia máxima obtenida dentro de la red de escala libre, registrada por @dglozoya, quien obtiene un puntaje de 50.00, en tanto que el promedio es de apenas 5.909. En lo que respecta a la centralidad del vector propio, el valor máximo es de 0.250, obtenido por @jesusgaxiola, académico del ITSON. En este caso el promedio es aún menor, de 0.15.

El máximo coeficiente de clusterización es de 0.500, en tanto que el promedio es 0.039. El puntaje de 0.500 corresponde a @anapaulavill y @cesarterrazasra, ambos estudiantes de Ingeniería Biotecnológica en el ITH. Este puntaje lo comparten @novutek, @yaquivalley, @jesusgaxiola y @luispaz9517. Cabe destacar que en este rubro el 94% de los nodos registra valor cero.

En la segunda parte del cuadro se grafican los valores obtenidos por cada uno de los nodos en (a) centralidad intermedia, (b) centralidad eigenvector y (c) coeficiente de clusterización. Los nodos no incluidos en este cuadro registran valor 0.

Conclusiones

En este capítulo se presentó la red del SRI derivada de la recopilación de información empírica a través de la aplicación de un cuestionario de investigación mediante el cual se obtuvo información de corte relacional sobre firmas destacadas en materia de innovación dentro de los sectores TIC y biotecnológico.

El conjunto de datos obtenido se considera suficiente para trazar un corte parcial de la red del SRI, por lo tanto, no se trata de una red completa ni mucho menos. La muestra, aunque pequeña, proporciona los insumos necesarios para alimentar el modelo multi agente que se verá en el siguiente capítulo.

Las características topológicas de la red obtenida muestran baja densidad. No obstante, las medidas de centralidad, especialmente intermedia y eigenvector, dejan al descubierto algunos de los actores relevantes o agentes clave, mismos que en el caso de realizar estrategias de intervención deben tener prioridad en virtud de su mayor impacto e influencia entre el resto de los nodos. Por otra

parte, la identificación de los nodos menos conectados pone de relieve la necesidad del diseño de estrategias que estimulen su participación no sólo dentro de la conversación local, sino su inserción operacional dentro del SRI. De acuerdo con el cuestionario aplicado, estos nodos son los que con mayor fuerza y frecuencia interactúan dentro de esta muestra de red, bien sea a través de convenios institucionales, intercambio de materiales, mentorías e intercambio de información científica y tecnológica.

Por otra parte, las redes de escala libre, gracias a las medidas de centralidad e intermediación, permiten identificar los agentes clave a nivel individuo, no sólo institución. La incorporación de estos nodos dentro de una estrategia de intervención facilita la distribución eficiente de mensajes debido a su dominio natural de la comunicación, y el consiguiente efecto multiplicador, aumento de cobertura y facilitación de la continuidad.

El uso de redes públicas para intercambiar información y/o participar en la conversación local deja mucho que desear a nivel regional, y sólo se encuentra parcialmente desarrollado –previsiblemente dentro del sector TIC-, a pesar del elevado uso de social media indicado por el INEGI en Sonora. Sin embargo, se trata de un fenómeno en constante crecimiento, al que poco a poco se incorporan actores locales, por lo que se considera necesaria su futura revisión, así como el estudio de su evolución topológica de las redes de escala libre con respecto a la situación actual.

De manera similar, se sugiere la necesidad del análisis de las redes de los tres sectores analizados dentro de los próximos cuatro años y los subsecuentes, en virtud de los esfuerzos de nuevas organizaciones civiles por detonar el crecimiento de emprendimientos tecnológicos en la entidad,

especialmente los orientados al sector de las energías renovables, así como la apertura de nuevas licenciaturas e ingenierías orientadas a la especialización, la llegada de nuevas empresas y la operación de nuevas entidades de investigación.

Por último, de acuerdo con las métricas obtenidas los puntajes de clusterización o agrupamiento son extremadamente bajos, tanto en el caso de la red de firmas e instituciones como en el de escala libre, en el que los individuos se integran en el análisis. Sin embargo, debe considerarse que se trata de redes sin todavía una masa crítica, donde el número de firmas existentes es aún demasiado reducido. Lo anterior es válido en el caso del sector biotecnológico, y en menor medida, en el sector de las TIC. En lo que respecta a la existencia de un cluster dentro del ramo aeronáutico/aeroespacial, la evidencia de cooperación regional es prácticamente nula, lo que se explica en tanto que este sector (1) se limita a relaciones de producción altamente centralizada con sus respectivos *headquarters* y (2) el manejo de las cuestiones logísticas en la región es operado herméticamente por los *shelters*.

Capítulo VI. Fenómenos de emergencia observables dentro de las redes sectoriales del SRI de Sonora con base en estudios de simulación basada en agentes.

La naturaleza emergente de la innovación nos remite al momento de la complejidad, en el que el todo se transforma en algo más que la simple suma de sus partes. El estudio del comportamiento de una red de agentes con alto potencial innovador (o por lo menos, alto interés en la interacción, colaboración, etcétera, tanto en la intención como en la práctica), vía una simulación modelada con base en parámetros catalizadores construidos a partir de microeconomía de la innovación, permite explorar diversos escenarios futuros dentro del fenómeno de generación de innovación de un SRI.

Al tratarse de un SRI en estado incipiente, la metodología convencional en la que se utiliza un cuestionario de investigación cuyas preguntas responde un agente o nodo otorgándole representatividad del conjunto de individuos que conforman una firma no necesariamente responde las interrogantes que aquí se plantean, en primer lugar porque no existe un número suficiente de firmas STEM en el estado, y en segundo porque, aunque todo modelo es imperfecto, en el caso de un país en vías de desarrollo, donde resulta crucial identificar áreas de oportunidad que permitan emplear políticas públicas con mayor efectividad, resulta de mayor utilidad desarrollar un modelo basado en agentes individuales, incluso antes de salir del sistema escolarizado o incorporarse a una firma.

La adopción de un modelo basado en agentes individuales permite también incorporar al análisis, además de la firma que representa la parte empresarial, a la parte académica y gubernamental, e incluso a la sociedad civil, en virtud de su interrelación con los diversos sectores analizados.

Sin embargo, una simulación basada en agentes de categoría individual está más allá de los alcances de esta investigación, por lo que se simula un modelo con base en la firma⁷⁵. Para este modelo se toma como base el modelo conceptual de Beckenbach et al, se genera un algoritmo⁷⁶ y se implementa en el lenguaje de programación de alto nivel Net Logo⁷⁷.

El capítulo se divide en cuatro apartados. En el primer apartado se describen los alcances y propiedades del modelado de sistemas basados en agentes, así como las particularidades del modelo en cuestión. Aquí se abordan cuestiones como la macro estructura que genera un ABM (Agente Based Model) en qué consiste propiamente y cuál es su función.

Un segundo apartado discute la construcción del modelo, sus componentes, las fases de diseño del modelo conceptual y su implementación. Aquí nos detenemos en el análisis de los componentes del modelo, que son ensamblados en una ecuación y después trasladados a un algoritmo, donde con ayuda de simulación basada en computadora, exploramos el comportamiento de los agentes dentro de una línea de tiempo.

⁷⁵ Ni la observación directa de eventos, las estadísticas oficiales o los modelos teóricos son base suficiente para explicar la innovación. Daskalakis (2009) explica que un instrumento capaz de conectar el vacío entre los datos disponibles y las observaciones relativas a la actividad innovadora, así como el futuro establecimiento de una conexión con consideraciones teóricas, es provisto por encuestas basadas en teorías y modelos, aplicadas a agentes innovadores potenciales.

⁷⁶ La generación del algoritmo se realiza a partir de los archivos de las sesiones del curso abierto “Agent Based Modeling”, impartido durante el verano de 2016 en la plataforma Complexity explorer, del Santa Fe Institute por William Rand.

⁷⁷ NetLogo es un lenguaje de programación de alto nivel y open source (código abierto) derivado de LOGO, creado por Seymour Papert y sus colegas en 1969, el cual permitía enseñar a los niños a pensar desde una perspectiva computacional. Ha alcanzado un alto grado de sofisticación, y se utiliza ampliamente para ABM (Agent Base Modeling) y el estudio de sistemas complejos. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo>

En un tercer apartado se exponen los resultados obtenidos tras la construcción e implementación de los algoritmos de ambos modelos alimentados con los datos empíricos parciales obtenidos en el *dataset*, en tanto que una última sección cierra este capítulo con la discusión de estos resultados, y delinea recomendaciones para futuras investigaciones y diseño de instrumentos de política pública.

6.1. ABM: Alcances y propiedades

Un agente es un elemento individual y autónomo dotado de propiedades y acciones dentro de una simulación por computadora. Así, un modelo basado en agentes (ABM o Agent Based Model) es sencillamente un modelo compuesto por agentes.

Un modelo basado en agentes está conformado por (1) un punto crítico, (2) un punto de quiebre o *tipping point*, (3) un *attractor*, y (4) *checkpoints* que permiten la construcción del modelo.⁷⁸ En cierto sentido, los modelos son como caricaturas, puesto que exageran ciertos aspectos de un fenómeno con el objeto de facilitar su estudio.

En general, ABM es la idea de que el mundo puede ser modelado utilizando agentes, un ambiente, y una descripción de las interacciones entre estos componentes (agente-agente, agente-ambiente). El interés central en este tipo de modelos es la posibilidad de explorar fenómenos sociales desde una perspectiva similar a la utilizada en termodinámica y denominada transición de fase, que esencialmente constituye la noción de que un pequeño cambio en un parámetro de entrada puede cambiar dramáticamente la salida.

⁷⁸ Notas del curso “Agent Based Modeling” referido anteriormente.

El propósito del análisis de sistemas complejos y ABS es proveer una especie de “simulador de vuelo”, -es decir, puesta a prueba de diversos cursos de acción en diversos escenarios- y no una predicción perfecta (Holland 1996, Sterman 2000), mostrando cómo se comportará un sistema social bajo circunstancias especiales.

6.1.1. Propiedades

Uno de los aspectos centrales del ABM es el hecho de que reglas simples generan fenómenos complejos. Además, el comportamiento aleatorio a nivel individual puede resultar en comportamiento casi determinístico a nivel población.

Las reglas simples generan fenómenos complejos, o patrones, que se pueden “auto organizar” sin la necesidad de un líder central.

No existe un estándar para la creación de sistemas basados en agentes, puesto que diferentes implementaciones de modelos enfatizan diferentes aspectos de un mundo, que se rige por determinados parámetros y reglas heurísticas, mismas que deben corresponder con el “mundo real”.

6.1.2. Alcances del modelo

Como ha dicho Holland, no se trata de predecir el futuro, sino de crear un modelo en el que sea posible observar el comportamiento de un conjunto de condiciones/componentes de entrada, y estar en condiciones de explorar cómo luciría el futuro bajo dichas condiciones. Antes de conseguir los datos empíricos y crear las reglas del modelo, es necesario preguntarse si el modelo es válido

para la comunidad que se está explorando, así como su correspondencia con el mundo real, de manera que ABM sea útil para describir el fenómeno.

6.1.3. Selección del lenguaje

Los ABM son creaciones relativamente nuevas, pues hicieron su aparición en los noventa en su forma moderna. La selección del lenguaje tiene que ver con la escala del modelo y la resolución del agente, entre otras cuestiones.

En esta investigación se elige el uso de NetLogo debido a que la curva de aprendizaje es menos complicada que la de otros lenguajes —el elegido por Beckenbach et al es Mathematica—, sin embargo, es lo suficientemente expresivo para la creación de modelos complejos de alto nivel con un número significativo de agentes y relativamente buen desempeño computacional.

Otro motivo para la elección de este lenguaje es que, al tratarse de software de código abierto (*open source*) y de uso libre y gratuito, facilita la replicación de los algoritmos y procedimientos para cualquier interesado.

Existen muchos lenguajes de modelos basados en agentes, pero NetLogo es el más utilizado. Otros lenguajes son Swarm, desarrollado en el Instituto Santa Fe, Repast, desarrollado en Argonne National Laboratory, y MASON, desarrollado en George Mason University. Éstos pueden considerarse los más comunes entre la comunidad científica⁷⁹.

⁷⁹ Otros paquetes de software para construir ABM's incluyen Ascape, Breve, Cormas, MASS, PS-I y SeSam.

6.2. Construcción del modelo ABM

El diseño de las preguntas del cuestionario de investigación está basado en escalas Likert de cinco puntos⁸⁰. Para la calibración del modelo, se calculan las medias de los parámetros relevantes. En el cuadro 24 se muestran, de manera ilustrativa, las medias que se obtuvieron tras la aplicación del cuestionario con nivel de representación individual, conjunto de datos que fue descartado y reemplazado por un cuestionario B aplicado únicamente a firmas (nivel de representación organizacional).

Cuadro 24. Calibración estadística de los parámetros del modelo de comportamiento

Variable	Parámetro	Promedios por tipo de agente		
		A_IR	A_I	A_R
Aceptación del Riesgo	α	0.6		
Impulso de Exploración	W0	1.5		
Aspiración de Utilidades	W1	x		
Aspiración de Market Share	W2	1.0		
Propensión a la Cooperación	X	-0.2		
Confianza Regional	Tr0	1.4		
Conversación e Interpretación	CI	1.0		

Fuente: Elaboración propia.

Para derivar los promedios relevantes es necesario distinguir los diferentes tipos de agentes (en términos de comportamiento). En este modelo se clasifican en tres: innovadores radicales, imitadores y rutinarios. La distribución del tipo de agentes se delinea de la manera siguiente: A_IR representan el 0% y A_I (imitadores) representa el 100%. El 0% de los agentes encuestados hasta ahora no realiza ningún tipo de innovación (agente tipo A_R).

⁸⁰ Siguiendo la recomendación de María Daskalakis en el artículo “Behavioural Foundations of Innovation Surveys”, publicado como parte de su tesis doctoral y obtenido a través de la autora.

Los parámetros relevantes, que ya se han presentado en capítulos anteriores, se distinguen en dos tipos:

i) Parámetros del comportamiento que influyen la elección de modelos de acción. Aquí el diseño del cuestionario permite investigar los siguientes parámetros: aceptación del riesgo, inclinación por la exploración, aspiración de cuota de mercado y aspiración de utilidades.

ii) Los parámetros del comportamiento que afectan la elección entre innovación individual y cooperativa, así como el curso de la cooperación. Son propensión a cooperar y confianza en el socio de cooperación (regional).

Dichas variables se evalúan de acuerdo con los tres tipos diferentes de agente. Así, se deriva el promedio del parámetro para los respectivos tipos de firma.

Cuadro 25. Mapa de los tipos de agentes del modelo

Clase de agente	Tipo de Agente
Innovadores Radicales (A_IR)	Experimental
Imitadores (A_I)	Cauteloso
Rutinarios (A_R)	Conservador

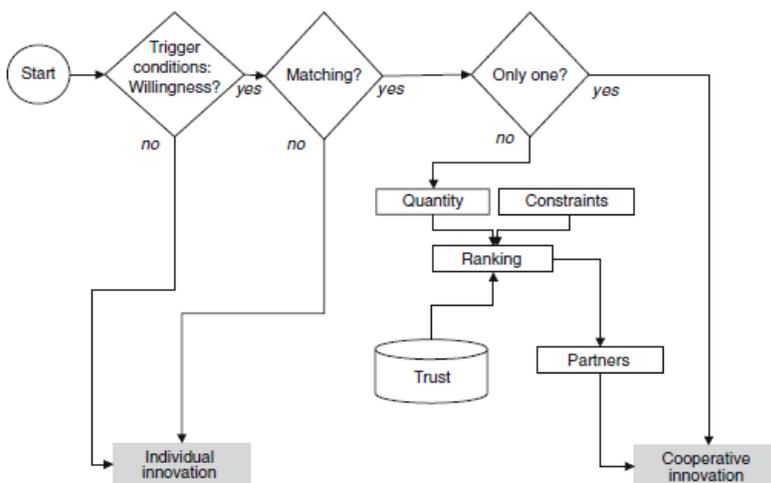
6.2.1. Modelo conceptual

En resumen, las variables de aspiración juegan un importante rol para la iniciación de los procesos de decisión entre continuar con el modelo de acción actual (rutina) y la introducción de un nuevo modelo de acción, la innovación (Daskalakis 2009,155).

Por otra parte, las características individuales, tales como la aceptación del riesgo y otros factores específicos (que pueden entenderse con la noción de tendencia o gusto por la exploración) juegan un rol crucial en la decisión del grado de innovación que se creará. Asimismo, el grado de complejidad de los procesos modernos de resolución de problemas requieren la elección respecto a si el proceso de búsqueda se conducirá de manera solitaria o en cooperación (ídem).

La elaboración del pseudocódigo, es decir, los flujos de decisión que se utilizan como base para la creación del código, son parte esencial de la creación del modelo. Así, en la gráfica 16 puede observarse el pseudocódigo para la toma de decisión en materia de innovación individual o cooperativa.

Figura 22. Diagrama de flujo de decisión de cooperación individual o cooperativa



Fuente: Understanding Complex Systems (2015).

6.2.2. Documentación

A continuación se presenta la hoja de documentación generada en NetLogo. La documentación es clave para facilitar la futura replicación del modelo con otros conjuntos de datos, o su modificación en caso de interés por futuros estudiantes.

Cuadro 26. Información relativa al código de NetLogo

WHAT IS IT?

El modelo explora el parámetro de cooperación dentro de una red del Sistema Regional de Innovación con base en agentes con nivel de representación organizacional.

HOW IT WORKS

Los criterios de selección de modos de acción están dados por los parámetros que marca la microeconomía evolutiva.

HOW TO USE IT

Para utilizar el modelo, es necesario inicializarlo a través del botón SETUP, que crea un grupo de 8 agentes que, de acuerdo con los parámetros de comportamiento, las variables iniciales, y los supuestos económicos, comienza por definir su modo de acción (tipo de innovación, y si ésta será individual o colaborativa), para después buscar agentes que cumplen condiciones para establecer una cooperación (buen índice de confianza, propensión a cooperar, etcétera). Una vez el agente encuentra un “match”, se establece una cooperación, y se traza un vínculo o liga entre éstos. Esto sucede durante un STEP (que puede ser un ciclo dado, por ejemplo, un trimestre) durante el cual se actualizan los parámetros de cada agente de acuerdo con las fórmulas económicas correspondientes.

THINGS TO NOTICE

El modelo se basa solamente en los agentes del sector biotecnológico. En su estado actual solamente captura la selección de modo de acción (tipo de innovación) del agente, si ésta será del tipo individual o colaborativo, y de ser así, busca agentes con los cuales establecer una cooperación.

EXTENDING THE MODEL

Requiere la incorporación de agentes del resto de los sectores (TIC y aeroespacial), pero debido a limitaciones logísticas dadas por la naturaleza de esta investigación, éstos no son incluidos. En la medida en que el volumen de compañías dedicadas a la alta tecnología se incorporen al mercado

regional, éstas podrán incorporarse al modelo, enriqueciendo su utilidad. De igual manera, durante futuras investigaciones podrán añadirse nuevas variables relevantes dentro del contexto regional.

CREDITS AND REFERENCES

Autor: María del Socorro Arvizu

Fuente: Elaboración propia, NetLogo.

6.2.3. Implementación

La implementación del modelo se realizó utilizando las variables de aspiración, las cuales motivan la elección de un modelo de acción. El criterio para la selección de un modo de acción está modulado por tres parámetros del comportamiento (actitud aspiracional B , propensión a imitar y propensión a cooperar).

Si denotamos

g – ingresos obtenidos el último ciclo

s – nivel de aspiración correspondiente

el modo de acción está determinado por los siguientes criterios:

$$\frac{g}{s} \geq B : \textit{rutina}$$

$$B - i \leq \frac{g}{s} < B : \textit{imitación}$$

$$B - x \leq \frac{g}{s} < B - i : \textit{innovación cooperativa}$$

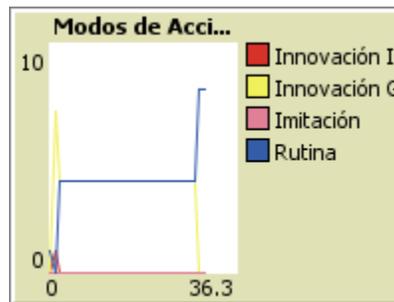
$$\frac{g}{s} < B - x : \textit{innovación individual}$$

Tenemos que la selección del modo de acción opera como una función de la tasa ingresos/nivel de aspiración. Contrario a la actitud aspiracional B, el nivel aspiracional se actualiza al final de cada paso según la ecuación

$$s(t + 1) = (1 - \theta) s(t) + \Phi g(t)$$

Donde Φ representa la flexibilidad de adaptación ($0 \leq \Phi \leq 1$) de cada empresa. Así, observamos que en el caso de las empresas estudiadas dentro del sector biotecnológico de Sonora, inicialmente, la mayoría se ubica dentro del modo de acción de innovación cooperativa⁸¹. Para la iteración 20, el 50% de las compañías se desplaza al modo rutina, mientras que el 50% restante permanece en modo de innovación cooperativa, y para la iteración 30, la totalidad de las compañías operan en modo rutina, comportamiento que se repite en adelante.

Figura 23. Elección de modos de acción



Fuente: Elaboración propia/NetLogo 5.3.1

Utilizando la notación de Beckenbach et al, el TC (Costo de Transacción) de una red de innovación es una función de la especificidad del conocimiento (s), el número de componentes del

⁸¹ Las variables i y x , que reflejan respectivamente la propensión a innovar y la propensión a cooperar de cada empresa, están dadas por las respuestas a un conjunto de preguntas asociadas a dichos fenómenos dentro del cuestionario de investigación.

conocimiento (q) y la confianza (r) en términos de la frecuencia de transferencias exitosas de conocimiento en el pasado.

$$TC = f(s, q, r)$$

La F2 (Fuerza Innovadora), se caracteriza por:

$$F2 = \frac{\alpha f0 + f1 + f2}{cin}$$

Donde α representa la aceptación del riesgo, cin el costo esperado de la innovación, y $f(i)$ la curiosidad o inclinación por la exploración con el valor 0, la aspiración de ganancias con el valor 1, y la aspiración de cuota de mercado con el valor 2.

Por otra parte, F1 (Fuerza Imitadora) está determinada por:

$$F1 = \frac{f1 + f2}{cim}$$

Y F0 (Fuerza de preservación o Rutina) es igual a 1.

Para obtener F2, es necesario calcular

$$f0 = w0 (kr + fr)$$

$$f1 = w1 \left(\frac{asp}{p} \right)^{E1}$$

$$f2 = w2 \left(\frac{asm}{m} \right)^{E2}$$

Donde w_0 representa la inclinación por la exploración, kr las reservas de conocimiento, fr las reservas financieras, asp el nivel de ganancias aspiradas y asm el nivel de cuota de mercado aspirado. E_1 y E_2 , parámetros utilizados para la elasticidad del mercado, se utilizan con los valores 8 y 16 en la constelación paramétrica estándar de referencia utilizada por Backenbach et al.

Cuadro 26. Calibración estadística de los parámetros de comportamiento del modelo

Variable	Parámetro	Medias derivadas empíricamente			Escala
		F_IR	F_IIM	F_ROUT	
Aceptación del Riesgo	α	.75	1	-	1-5
Inclinación por la Exploración	W_0	.87	.75	-	1-5
Aspiración de utilidades	W_1	.66	.75	-	1-5
Aspiración de cuota de mercado	W_2	.91	1	-	1-5
Propensión a la cooperación	X	.95	1	-	1-5
Confianza regional	tr_0	.87	.87	-	1-5

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 27. Pruebas estadísticas de los parámetros de comportamiento del modelo

Variable	Parámetro	Pruebas de significancia de Mann-Whitney (two-tailed)
		F_IIM y F_IR
Aceptación del Riesgo	α	.173
Inclinación por la Exploración	W_0	.173
Aspiración de utilidades	W_1	.378
Aspiración de cuota de mercado	W_2	.689
Propensión a la cooperación	X	.689
Confianza regional	tr_0	.936

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 28. Coeficientes de correlación

	<i>Riesgo</i>	<i>Curiosidad</i>	<i>Utilidades deseadas</i>	<i>Market share deseado</i>	<i>Cooperación</i>	<i>Confianza</i>
Riesgo	1					
Curiosidad	-0.177704663	1				
Utilidades deseadas	-0.132453236	-0.149071198	1			
Market share deseado	0.086710997	0.292770022	0.654653671	1		
Cooperación	0.780398973	-0.487950036	-0.21821789	-0.14286	1	
Confianza	-0.229415734	-0.25819889	0	-0.37796	-0.37796	1

Fuente: Elaboración propia

Para derivar las medias relevantes es necesario distinguir diferentes tipos de (comportamientos) de firmas. En relación al modelo, se clasifican tres tipos: Innovadores radicales, imitadores y firmas que operan bajo rutinas. En el caso de Sonora, la distribución de los tipos de firmas se distribuye como sigue: El 80% se ubican en la categoría F_IR (innovadores), mientras que el 20% dentro de la categoría de imitadores (F_IIM. Ninguno de los encuestados se identificó como firma que no conduce ningún tipo de innovación (F_ROUT)⁸².

Luego de identificar los parámetros relevantes, se distinguen dos tipos:

(i) Los parámetros del comportamiento que influyen la elección de modelos de acción. En este punto el diseño del cuestionario permite investigar los parámetros: “aceptación del riesgo”, “inclinación por la exploración”, “aspiración de cuota de mercado” y “aspiración de utilidades”.

⁸² Al tratarse de un sector emergente, existe un número reducido de firmas en la región, la mayoría de reciente creación y operando en parte con fondos público/privados obtenidos a través de convocatorias, premios e incentivos a la innovación.

(ii) Los parámetros del comportamiento que influyen la elección entre la innovación individual o cooperativa, así como el curso de la cooperación. Estos son la “propensión a cooperar” y la “confianza hacia los socios de cooperación regional”.

Dada la importancia de la cooperación innovadora para los Sistemas Regionales de Innovación, es necesario especificar las condiciones micro económicas para este tipo de actividad conectada en el contexto dado del modelo. Las condiciones de activación (*triggering conditions*) para la cooperación innovadora se derivan de la síntesis del comportamiento y observaciones empíricas (Beckenbach et al 2014, 79).

Beckenbach et al distinguen una combinación de actitudes personales, normas subjetivas y condiciones que influyen la orientación de la voluntad de un agente hacia un modo cooperativo de innovación: (1) En principio, las tres fuerzas que forjan la capacidad de innovar son básicas para la voluntad del agente de cooperar en términos de innovación. Estas fuerzas están relacionadas con el desempeño de mercado actual del agente. En segundo lugar (2), los diferentes tipos de agentes tienen una propensión diferente a cooperar. Esto toma en consideración que no es sólo importante la posición actual en el mercado, sino también algunas actitudes de mayor profundidad que surgen de diferentes estilos de comunicación dentro de distintos horizontes de innovación. Tercero (3), por lo menos en un contexto regional, la frecuencia de las innovaciones cooperativas puede ser observada. Esto puede ayudar a reducir la incertidumbre asociada con este tipo de actividad innovadora, al facilitar la búsqueda de socios y demostrar las posibilidades de superar el oportunismo. Cuarto (4), los subsidios provenientes de instituciones políticas como un incentivo exógeno para formar una cooperación.

Si denotamos la propensión a cooperar como X , la cuota de innovaciones cooperativas N_c (relacionada al total de innovaciones N) por N_c/N , y la cantidad de subsidios por cooperación por sc , la fuerza de cooperación de un agente está dada por:

$$cp(t) = (1 - ifb - iff - ifs)x + ifb \frac{Nc(t)}{N(t)} + iff \sum_{i=0}^2 fi(t) + ifs sc$$

Donde ifb , iff y ifs son pesos parametrizados para las diferentes fuerzas detonadoras. De hecho, un agente persigue una cooperación si la fuerza de cooperación es mayor a una barrera (ct):

$$ct < cp(t)$$

Si la aspiración de cuota de mercado o la curiosidad son las fuerzas dominantes en la inclinación por la innovación, es necesario para una colaboración exitosa que cada uno de los agentes tenga una cantidad suficiente de conocimiento específico transferible, el cual complemente al de su socio.

Si estas condiciones de cooperación son cumplidas, y hay alguien con quien cooperar, esto provoca un costo de transacción. Se asume que el costo de transacción de una innovación cooperativa depende linealmente de la confianza, es decir, está compuesta de un elemento fijo (tcc), que es el mismo para cada transacción, y un elemento que varía de acuerdo con el nivel de confianza que un agente tiene para cooperar con otro. La máxima cantidad para este componente del costo de transacción (cero confianza) está dada generalmente por el parámetro tct . Este máximo disminuye conforme la confianza aumenta conforme avanzan los ciclos. Formalmente, esto se muestra como:

$$TC(t) = tcc + tct (1 - tr(t))$$

Por otra parte, la probabilidad de transferencia de conocimiento está dada por:

$$kp(t) = se(tr(t) - 1) + ac$$

Donde *se* denota la sensibilidad de la probabilidad de transferencia con respecto a la confianza, que es otro parámetro del modelo.

6.2.4. Algoritmo

```
globals[ypo boundedrationality? oportunism? asset-specificity? potential-match match counti]

;; la demanda potencial ypo se establece de manera proporcionala la cantidad de conocimiento declarativo de la firma
;; Asigna valores booleanos aleatorios a los factores determinantes de los costos
;; de transacción de una innovación

breed [biotech startup]
turtles-own[g s B i X s1 fa]

;; g (utilidades actuales) s (utilidades deseadas) B (actitud aspiracional) i (propensión a la imitación) X (propensión a la cooperación)

to setup
clear-all

create-biotech 8
set potential-match 0
set match 0
set counti 0

set ypo 100
ask startup 0 [ set g 5000000 set s 10000000 set B 1 set i 0 set X 1 set fa 1] ;; rubio pharma
ask startup 1 [ set g 1000000 set s 5000000 set B 1 set i 0.1 set X 1 set fa 1] ;; gening proyectos biomédicos
ask startup 2 [ set g 5000000 set s 10000000 set B 1 set i 0.1 set X 1 set fa 1] ;; sunbionics
ask startup 3 [ set g 500000 set s 5000000 set B 1 set i 0 set X 0.8 set fa 1] ;; globalmet
ask startup 4 [ set g 1000000 set s 5000000 set B 1 set i 0 set X 1 set fa .75] ;; agropro
ask startup 5 [ set g 250000 set s 1000000 set B 1 set i 0 set X 1 set fa .75] ;; livestock analytics
ask startup 6 [ set g 1000000 set s 2500000 set B 1 set i 0 set X 1 set fa .75] ;; PROAX
ask startup 7 [ set g 1000000 set s 5000000 set B 1 set i 0 set X 1 set fa .75] ;; Galaz Science & Engineering

reset-ticks

end

to go

show startup 0
show sum [g] of turtles
show [s] of startup 0
show [s1] of startup 0
show [s1] of startup 1
show [s1] of startup 4
```

```

;; calcular B o actitud aspiracional

ask turtles [
if g / s >= B [set color blue ] ;; rutina
if g / s < B and g / s >= B - i [set color pink] ;; imitación, i es la propensión a imitar
if g / s < B - i and g / s >= B - X [set color yellow]

;; innovación cooperativa, X es la propensión a la cooperación

if g / s < B - X [set color red] ;; innovación individual

forward 3

;; calcular el nivel aspiracional (ganancias deseadas actualizadas por año)

set s1 ((1 - fa) * s) + (fa * g)
set s s1

set boundedrationality? one-of [false true]
set oportunist? one-of [false true]
set asset-specificity? one-of [false true]

show [asset-specificity?] of turtle 0
show who
show match
if asset-specificity? = true [set potential-match potential-match + 1]
if counti = 0 and asset-specificity? = true [set match who
set counti counti + 1 ]

if who != match and asset-specificity? = true and potential-match > 1 [
create-link-with turtle match
set potential-match 0 set counti 0]
fd 1
show count links
]
tick

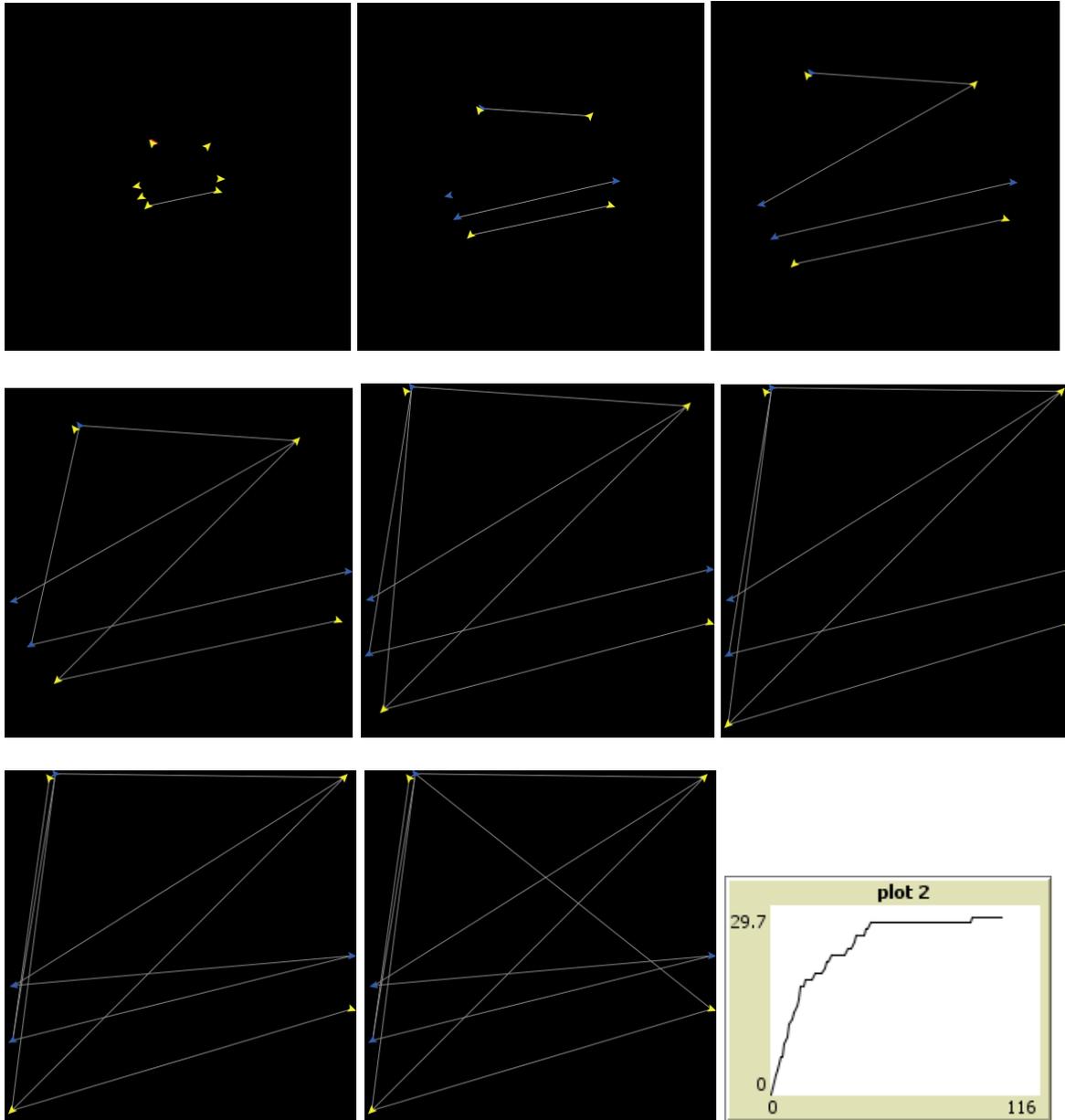
end

```

6.2.5. Resultados y Conclusiones

Los resultados de la corrida modelo generado por el algoritmo durante la evolución de ocho *ticks* o ciclos de ejecución para el caso de las empresas estudiadas dentro del sector biotecnológico se muestran a continuación:

Figura 24. Ocho ciclos de ejecución del modelo basado en agentes



Fuente: Elaboración propia/NetLOGO

En las gráficas anteriores (figura 24) puede observarse cómo se van estableciendo las relaciones de cooperación entre los agentes del sector, tomando en cuenta variables aleatorias que especifican parámetros de racionalidad limitada, especificidad de conocimiento y oportunismo. En el modelo,

las firmas transitan de su situación inicial orientada a la innovación grupal hacia, en parte, la rutina. En la última gráfica puede observarse cómo el máximo número de conexiones durante cien ciclos de ejecución es de 29. Este modelo está incompleto, pues falta la implementación de la desaparición de vínculos conforme aumenta o disminuye la confianza, parámetro que junto con la cooperación exitosa, define la continuación de ésta. El potencial que tienen este tipo de modelos para analizar las distintas variables que intervienen dentro de un sector determinado es muy grande, pero su ejecución y análisis requiere recursos económicos y de tiempo superiores a los que permite el alcance y las limitaciones de este trabajo.

Por otra parte, en América Latina falta mucho camino por recorrer en términos de homogenización de datos respecto a la medición de la innovación. En la región que nos ocupa, Sonora, son todavía muy pocas las compañías dedicadas a la biotecnología, y el acceso a su información es limitado. Por tanto, el análisis de datos, sin resultar estéril, no es de ninguna manera suficiente para la generación de datos conclusivos.

No obstante, una primera aproximación permite observar que la mayor parte de las compañías exploradas se autoreconoce como innovadora, tendiente a la innovación cooperativa, dueña de capital humano altamente especializado, poseedora de un alto nivel de conocimiento y en general, metas relativamente ambiciosas en términos de utilidades, penetración y ampliación del mercado.

Lo anterior, sin embargo, desentona con algunas observaciones hechas en el transcurso de esta investigación, como la marcada reticencia a la cooperación con la respuesta a un cuestionario entre un amplio grupo de agentes, incluyendo académicos y empresarios, y cierta desconfianza por parte de actores gubernamentales. Debe mencionarse, pues, que el pequeño conjunto de datos

utilizado para la implementación de este modelo tiene dicho sesgo, por lo que se recomienda una futura investigación con un conjunto de datos más amplio.

Dicho lo anterior, el potencial está latente. Compañías como Rubio Pharma, Agropro y Galaz Science and Engineering, dedicadas respectivamente a la farmacología, la agricultura de precisión y la fabricación de instrumentos biomédicos, están fuertemente conectadas hacia el exterior, y tienen lazos significativos con centros de investigación e instituciones centralizadas, IES locales y universidades extranjeras.

Sin embargo, empresas como Gening, Globalmex y Proax aparecen completamente aisladas. Es necesario realizar un esfuerzo extraordinario para impulsar una necesaria conversación, así como un sentido de dirección, entre los distintos agentes que intervienen en el sector, con el objeto de desarrollar un agrupamiento interdisciplinario del que podrían derivarse nuevas comunidades de práctica y oportunidades de innovación cooperativa para la región.

En la región se están llevando a cabo actualmente varios pasos en esta dirección, gracias a un proyecto articulado por la Secretaría de Economía de Sonora en conjunto con la asociación civil Sonora Lab, de lo cual se espera derivar un importante número de proyectos y/o startups, muchos de ellos en el campo de la biotecnología, con la participación de instituciones de educación superior como el CIAD, la UES, el ITSON y el ITESM, así como empresarios independientes, lo que podría sentar un nuevo precedente para la expansión y crecimiento de este sector, y por ende representar un fenómeno catalizador.

Dicha oportunidad obliga a la comunidad científica a permanecer alerta ante la evolución del Sistema Regional de Innovación, estudiando los diversos sectores, alimentando los conjuntos de datos disponibles y proveyendo información económica relevante para, en la medida de lo posible, acelerar su crecimiento y consolidación.

En el modelo de simulación implementado por Beckenbach et al en Alemania, la innovación cooperativa juega un importante rol en la derrama de conocimiento a nivel regional. Los comportamientos diferenciados de los agentes no sólo les otorgan cadenas de conocimiento heterogéneas, sino que el conocimiento para la región como un todo es diferente en cada ciclo, y la importancia de cada rama del conocimiento varía durante éstos. En general, para Beckenbach et al, el número de innovaciones cooperativas y la derrama de conocimiento entre agentes son los indicadores más importantes del desempeño del SRI. Los agentes que eligen el modo de innovación cooperativa son el “*core*” de éste , y este modo de acción es la fuente de redes de relaciones multiplex tanto de mercado como de jerarquía.

El análisis de Beckenbach muestra que los parámetros para la innovación cooperativa revelan un “paisaje de red” detrás de las dinámicas observables en un SRI. La ampliación de la perspectiva hacia este paisaje ilumina las condiciones para un buen desempeño interconectado en términos de constelaciones paramétricas. Dichas simulaciones, por tanto, pueden ser un punto de partida para la mejora *bottom up*, o de abajo hacia arriba, de los SRI –incluidas las redes-, en contraste con la perspectiva usual de optimización *top-down* en investigación de redes, y la correspondiente entre los diseñadores, o “*master minds*” detrás de un SRI.

Conclusiones finales y Recomendaciones

Esta tesis parte del cuestionamiento de la calidad de las redes conformadas por los nodos que intervienen en el SRI de Sonora, y si ésta tiene un efecto o no. También se pregunta cómo interactúan estos nodos o agentes, y cuáles son los resultados o fenómenos emergentes derivados de su funcionamiento como sistema.

La respuesta a la primera pregunta es sí. La baja calidad de la red -al menos de la muestra parcial que nos ocupa, pero que puede ser ilustrativa-, se demuestra no sólo a través de los indicadores estándar de ARS, que arrojan una baja densidad, sino de los resultados obtenidos a través de los ejercicios de observación y las entrevistas exploratorias, en los que queda de manifiesto una inclinación por la colaboración inferior a la media. Estamos hablando de agentes cuya actividad económica está inserta entre las más innovadoras del estado, y aún así, el interés por colaborar es escaso. El efecto es, por supuesto, negativo. Redes más densas conducen a mayor riqueza e intercambio de conocimientos, mejores prácticas, resiliencia y plasticidad al enfrentar los fuertes retos técnicos y económicos que plantea la industria actual, y al menos en teoría, a la generación de nuevos productos y servicios.

¿Cómo interactúan estos nodos o agentes? Desde luego, no existe un molde, y los tipos de interacción son variados. En el caso de las firmas dentro del sector TIC, existe mucha interacción con institutos tecnológicos y universidades, misma que se da principalmente en la forma de estancias y residencias (mentoría) y/o convenios institucionales. Con instituciones gubernamentales, la interacción es generalmente de asesoría. Por otra parte, las firmas del sector biotecnológico establecen relaciones de colaboración marcadas por el intercambio de conocimiento explícito a través de convenios de transferencia tecnológica. Estas firmas se

caracterizan por altos niveles de confianza y colaboración con quienes identifican como socios, que pueden o no formar parte del mercado regional, pero muestran escasa participación dentro de la conversación, es decir, no es capaz de nombrar un evento en el que la firma haya participado dentro de los últimos seis meses en colaboración con otras firmas locales, si bien afirman que no existen eventos con esta periodicidad en Sonora.

En cuanto a los resultados y fenómenos emergentes derivados de su funcionamiento como sistema, tenemos dos abrevaderos: (1) desde la microeconomía evolutiva, el modelo basado en agentes, que se nutre de la información empírica obtenida a través de los cuestionarios aplicados a la muestra de firmas seleccionadas (disposición a colaborar, aversión al riesgo, *market share* deseado, etcétera), indica una tendencia a abandonar la conducta innovadora conforme se avanza dentro de los ciclos de interacción. Desde luego, al tratarse de una aplicación parcial del modelo, es necesaria la afinación de éste, así como una mayor muestra, para disponer de elementos conclusivos. Por otra parte, (2) en términos de generación de innovación y nuevo conocimiento, el análisis de redes marca, de nuevo, dentro de la muestra, una red de baja densidad y poca fuerza (cada lazo constituye una sola forma de interacción, en lugar de múltiples con el mismo nodo, lo cual no ocurre con sólo dos excepciones), así como nodos aislados. Esto significa que Novutek, por ejemplo, sostiene una interacción con el IMSS, pero sólo es de asesoría por parte de la empresa. No se da algún otro elemento (mentoría, intercambio de materiales, préstamo de laboratorios, intercambio de documentos científicos, etcétera) y por lo tanto, a pesar de que existe una relación, esta no es de gran riqueza, y difícilmente, aunque no es imposible, podría sentar las bases para la generación de innovación. Este patrón se repite a lo largo de todas las firmas analizadas.

Así, se encuentra que la hipótesis principal, que afirma que los agentes involucrados dentro de los sectores investigados poseen (1) una baja inclinación asociacional y (2) poco interés en la participación en la conversación dentro de sus sectores, se cumple. Aunque en casi todos los casos la respuesta estándar al cuestionario indica lo contrario, también en casi todos los casos no pueden mencionar un evento en el que hayan participado con actores locales en los últimos seis meses. La interferencia negativa de esta escasa disposición a la colaboración científica y tecnológica con la capacidad para la generación de innovaciones individuales o colectivas ha sido demostrada una y otra vez.

En cuanto a la hipótesis secundaria H2, se encuentra que los niveles de confianza ante otros agentes locales son buenos generalmente, pero esto no significa que exista colaboración alguna en el desarrollo de un producto innovador. La hipótesis se rechaza. En cuanto a la hipótesis secundaria H3, es posible afirmar que las firmas de origen local tienen un mayor interés asociacional con firmas locales, así como una mayor inclinación hacia la participación dentro de la conversación, que las firmas que no tienen anclaje territorial y/o que básicamente constituyen armadoras o maquilas que responden a *headquarters* ubicados fuera de la región. Lo anterior es particularmente notorio dentro de la industria aeronáutica/aeroespacial. La hipótesis se acepta, porque a pesar de que no fue posible aplicar cuestionarios a las firmas de este sector, prácticamente no se encontró evidencia de su intervención y/o participación dentro de la conversación local dentro de los ejercicios de observación, excepto por una sola y exclusiva reunión del sector organizada por SonoraLab.

En suma, se considera que se cumple el objetivo general de esta tesis, que es obtener métricas y observaciones que permitan determinar los niveles de inclinación asociacional de las

organizaciones que intervienen en el SRI sonoreense, así como su nivel de participación en la conversación local. La segunda parte del objetivo, que es generar un modelo que permita analizar el efecto de estas microestructuras o patrones de comportamiento en la producción de innovación a nivel macro, se cumple parcialmente, quedando como sugerencia para futura investigación la incorporación de una mayor muestra, así como la exploración de variables para medir los índices conversacionales de la firma, con el fin de ampliar este modelo multiagente y en general, enfrentar el reto que constituye abandonar el pensamiento lineal en la investigación de los Sistemas Regionales de Innovación.

Bibliografía

- Aboites, Jaime y Manuel Soria. 2008. *Economía del conocimiento y propiedad intelectual. Lecciones para la economía mexicana*. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Asheim, Bjorn T. y Arne Isaksen. 2002. *Regional Innovation Systems: The Integration of Local 'Sticky' and Global 'Ubiquitous' Knowledge*. Journal of Technology Transfer. Oslo, Noruega.
- Becerra Guerrero, Alessa María. 2015. *La integración de la economía de Sonora a la industria Aeroespacial*. Universidad de Sonora.
- Beckenbach, Frank, Ramón Briegel y Maria Daskalakis. 2009. *Evolution and Dynamics of Networks in Regional Innovation Systems (RIS)*. En *Innovation Networks. New Approaches in Modelling and Analyzing*. (59-100). Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- Beckenbach, Frank, Ramón Briegel y María Daskalakis. *The influence of Regional Innovation Systems on Economic Growth*. Papers on Agent Based Economics.
- Bracamonte Sierra, Álvaro y Óscar F. Contreras. 2008. *Redes globales de producción y productores locales: los empresarios sonorenses frente a la expansión de la industria automotriz*.
- Borgatti, Stephen P., Martin Everett y Jeffrey C. Johnson. 2013. *Analyzing Social Networks*. SAGE.
- Callon, Michel y John Law. 1990. *Techno-Economic Networks and Irreversibility*. The Sociological Review.
- Censos Económicos 2004 y 2009. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (Inegi).
- Censos Económicos 2014. Resultados Oportunos. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (Inegi).
- Clark, Louise. 2006. *Manual para el Mapeo de Redes como una Herramienta de Diagnóstico*. CIAT-CIBTA-DFID (Department for International Development). La Paz, Bolivia. Red IRIS.
- Contreras Montellano, Óscar F. y Miguel Ángel Ramírez S. 1988. La nueva minería sonorenses: historia reciente de una vieja industria. En *La industrialización en Sonora. El caso de los sectores de alta tecnología*. 241-297. En Hermosillo: El Colegio de Sonora.

- Contreras, Óscar y Álvaro Bracamonte Sierra. 2013. *Capacidades de manufactura global en regiones emergentes. La industria aeroespacial en Sonora*. La industria aeroespacial. Complejidad productiva e institucional. FLACSO. México, D.F.
- Contreras, Óscar, Álvaro Bracamonte, Jorge Carrillo, Paula Isiordia, Roberto Jiménez, María de los Ángeles Navarrete, Luis Felipe Munguía, Jaime Olea, Luis Felipe Romero, José Manuel Sánchez, Vicente Solís. 2006. *Impacto de la ampliación de la Ford Motor Co. en Hermosillo, Sonora*. Hermosillo: El Colegio de Sonora, FUMEC, Secretaría de Economía.
- Cooke, Philip y Kevin Morgan. 1998. *The Associative Economy. Firms, Region and Innovation*. Universidad de Illinois.
- Cooke, Philip, Stephen Rope y Peter Wylie. 2002. 'The Golden Thread of Innovation and Northern Ireland Evolving Regional Innovation System.
- Cooke, Philip. 1992. *Regional Innovation Systems. Competitive regulation in the new Europe*. Revista Geoforum.
- D'Allura, Giorgia M., Marco Galvagno y Arabella Mocciaro Li Destri. *Regional Innovation Systems. A literature Review*. 2012. Business Systems Review.
- Denman, Catalina A. y Jesús Armando Haro. 2000. *Por los rincones. Antología de Métodos Cualitativos en la Investigación Social*. El Colegio de Sonora.
- Diagnóstico en Ciencia, Tecnología e Innovación. 2011. Foro Consultivo Científico y Tecnológico.
- Díaz Bravo, Laura, Uri Torruco-García, Mildred Martínez-Hernández y Margarita Varela-Ruiz. 2013. *La entrevista, recurso flexible y dinámico*. Departamento de Investigación en Educación Médica. Facultad de Medicina. UNAM. México, D.F.
- Díaz-Guilera Albert, Sergio Lozano y Alex Arenas. 2009. *Propagation of Innovations in Complex Patterns of Interaction*. New Approaches in Modelling and Analyzing. (269-284). Berlin Heidelberg: Springer Verlag
- Doloreux, David y Saeed Parto. 2004. *Regional Innovation Systems: A Critical Synthesis*. INTECH (Institute for New Technologies).
- Doloreux, David. 2003. *Regional Innovation Systems in the Periphery: The Case of the Beauce in Québec (Canadá)* en International Journal of Innovation Management. Vol. 7. Núm. 1. Imperial College Press.
- Dutrénit, Gabriela. 2001. *El papel de las rutinas en la codificación del conocimiento de la firma. Análisis Económico*. UAM. Distrito Federal, México.

- Elzen, Boelie, Bert Enserink y Wim A. Smit. 1996. *Socio-Technical Networks: How a Technology Studies Approach May Help to Solve Problems Related to Technical Change*. SAGE.
- Flores Varela y Vázquez Ruiz, 2011. *El enfoque de los Sistemas Regionales de Innovación*. Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo económico. El Colegio de Sonora/Coecyt.
- Galvez, Daniel, Mauricio Camargo, Julio Rodríguez y Laure Morel. 2013. PII Potential Innovation Index: a Tool to Benchmark Innovation Capabilities in International Context. *Journal of Technology Management and Innovation*.
- García de León, Guadalupe P. 1991. Sonora: estructura y tendencias del sector industrial. En *Economía Sonorense más allá de los valles*, compilado por Miguel Ángel Vázquez Ruiz. 175-197. Hermosillo: Universidad de Sonora.
- García de León, Guadalupe P. y Álvaro Bracamonte Sierra. 1991. Comportamiento de las Exportaciones de Sonora. En *Economía Sonorense más allá de los valles*, compilado por Miguel Ángel Vázquez Ruiz. 133-142. Hermosillo: Universidad de Sonora.
- González Aguirre, Rosa Luz. 2004. *La biotecnología agrícola en México. Efectos de la propiedad intelectual y la bioseguridad*. Universidad Autónoma Metropolitana. México, D.F.
- Guadarrama Atrizco, Victor Hugo. 2010. *El papel de la región en el sistema sectorial de innovación*. SINNCO.
- Hansen, Derek, Ben Schneiderman y Marc A. Smith. *Analyzing Social Media Networks with NodeXL. Insights from a Connected World*. Morgan Kauffman.
- Hofstadter, Douglas. 1979. *Gödel. Eschel. Bach: An Eternal Golden Braid*.
- Holland, John H. 2005. *Studying Complex Adaptive Systems*. Springer Science.
- Kafarski, Pawet. 2012. *Rainbow Code of Biotechnology*. Wroclaw University of Technology.
- Kenney, Martin y Donald Patton. 2010. *Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo económico. "Innovación y derechos de propiedad. La Ley Bayh-Doyle y la relación universidad-industria en Estados Unidos"*.
- König, Michael D., Stefano Battiston y Frank Schweitzer. 2009. *Modeling Evolving Innovation Networks*. En *Innovation Networks. New Approaches in Modelling and Analyzing*. (187-268). Berlin Heidelberg: Springer Verlag

- Lara, Blanca, Lorenia Velázquez y Liz Ileana Rodríguez. 2007. *Especialización Económica en Sonora. Características y retos al inicio del nuevo milenio*. Hermosillo: El Colegio de Sonora.
- Lave, Jean y Etienne Wenger. 1991. *Situated Learning. Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge University Press. Nueva York.
- Law, John y Wiebe E. Bijker. 1992. *Shaping Technology/Building Society. Studies in Sociotechnical Change*. The MIT Press.
- Lester, Richard K. y Michael J. Piore. 2004. *Innovation. The Missing Dimension*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Listerri, Juan José y Carlo Pietrobelli. *Los Sistemas Regionales de Innovación en América Latina*. 2011. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Liu, Feng y Sally Maitlis. 2010. *Nonparticipant Observation*. Encyclopedia of Case Study Research. SAGE.
- MacKinnon, Danny, Andrew Cumbers, Andy Pike y Kean Birch. 2007. *Evolution in Economic Geography: Institutions, Regional Adaptation and Political Economy*. Center for Public Policy for Regions (CPPR).
- Mark, Bevir. *Handbook of Governance*. 2011. SAGE.
- Maya Jariego, Isidro. 2016. *7 usos del análisis de redes en la intervención comunitaria*. Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales.
- Mejía Trejo, Juan. *Propuesta de Modelo Conceptual del Sistema Regional de Innovación para el Estado de Jalisco, México*. XIV Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica. Lima, Perú.
- Millán, René y Sara Gordon. 2004. *Capital Social: Una lectura de tres perspectivas clásicas*. Revista Mexicana de Sociología.
- Mitchell, Melanie. 2009. *Complexity: A Guided Tour*. Oxford University Press.
- Molina Ortíz, Alfredo y Clemente Hernández Rodríguez. 2011. *La economía basada en el conocimiento. La evolución de los estados mexicanos*. ITESM. Monterrey, N.L.
- Molle, Willem y Julia Djarova. 2009. *Enhancing the Effectiveness of Innovation: New Roles for Key Players*. Reino Unido: Edward Elgar Published Limited.
- Molle, Willem y Julia Djarova. 2009. *Enhancing the Effectiveness of Innovation. New Roles for Key Players*. Edward Edgar Publishing Limited.

- Morán Moguel, Carlos A. y Alfonso Mayo Hernández. *La ingeniería en la Industria Aeroespacial*. 2013. Academia de Ingeniería de México.
- OCDE/Eurostat. 2005. Manual de Oslo. Tercera edición.
- Ostrom, Elinor, Amy R. Potete y Marco A. Janssen. 2012. *Trabajar juntos. Acción Colectiva, bienes comunes y múltiples métodos en la práctica*. UNAM. México, D.F.
- Ostrom, Elinor. 2005. *Understanding Institutional Diversity*. Princeton University Press.
- Patterson, F., Kerrin, M., & Gatto-Roissard, G. (2009). *Characteristics and Behaviours of Innovative People in Organisations. Literature Review prepared for the NESTA Policy & Research Unit*, London: NESTA, 1-63.
- Penrose, Edith T. 1974. *Economía del Sistema Internacional de Patentes*. Siglo XXI Editores. México, D.F.
- Plan de Vuelo Nacional. Promexico. 2012. Ciudad de México.
- Polanyi, Michael. 1966. *The tacit dimension*. The University of Chicago Press.
- Presentación Cumbre Sonora. 2013. Secretaría de Economía Estatal.
- Puuka, Jaana et al. 2013. *Higher Education in Regional and City Development. Sonora, México*. OECD.
- Pyka, Andreas y Andrea Scharnhorst. 2009. *Innovation Networks. New approaches in modeling and analyzing*. Springer Complexity.
- Ramírez, José Carlos. 1985. *Hipótesis acerca de la historia económica de la historia económica y demográfica de Sonora en el período contemporáneo (1930-1983)*. Hermosillo: El Colegio de Sonora.
- Ramírez, José Carlos. 1988. La Segmentación Internacional del Proceso Productivo en las Manufacturas Estatales. En *La industrialización en Sonora: el caso de los sectores de alta tecnología*. En ídem 19-46. Hermosillo: El Colegio de Sonora.
- Reichardt, Jörg y Stefan Bornholdt. 2009. *Tools from Statistical Physics for the Analysis of Social Networks. New Approaches in Modelling and Analyzing*. (147-186). Berlin Heidelberg: Springer Verlag

- Rózga Luter, Ryszard. *Sistemas Regionales de Innovación: Antecedentes, Origen y Perspectivas*. 2003. UAM-Xochimilco y UAEM-Toluca.
- Sabori Sandoval, Pedro Augusto y Álvaro Bracamonte Sierra. 2011. *La protección de la innovación mediante patentes: El caso del estado de Sonora. Una reflexión económica y jurídica*. El Colegio de Sonora, Coecyt.
- Sabori Sandoval, Pedro Augusto. 2010. *El papel de las patentes en la economía basada en el conocimiento. El caso del estado de Sonora*. El Colegio de Sonora.
- Sandoval Godoy, Sergio Alfonso. 1988. Los enlaces económicos y políticos de la Ford Motor Company en Hermosillo. Internacionalización productiva y nuevas tecnologías. En *La industrialización en Sonora: el caso de los sectores de alta tecnología*. Hermosillo: El Colegio de Sonora.
- Saxenian, AnaLee. 1996. *Regional Advantage*. Harvard University Press.
- Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte. 2013. Inegi.
- Taylor, Mark C. 2003. The moment of complexity. *Emerging Network Culture*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Urbina Miranda, Ernesto. 2008. *Sectores emergentes y capacidades tecnológicas locales: acercamiento al caso de la industria aeroespacial en Sonora*. CONCYTEG.
- Valenzuela Básaca, Nydia Angélica y Álvaro Bracamonte. 2013. *Microsistemas de Innovación: Parques tecnológicos en Sonora*. Tecnología y competitividad. Conceptos y experiencias prácticas. El Colegio de Sonora.
- Valenzuela Gastélum, Iris del Carmen. 2011. *Biotecnología y Desarrollo. Limitaciones y potencialidades para la reactivación de la economía agrícola regional. Un análisis bajo el enfoque del Sistema Regional de Innovación*. Universidad de Sonora.
- Vance, Erick. *Why can't Mexico make science pay off?* 2013. Scientific American.
- Vázquez Ruiz, Miguel Ángel. 1991. Sonora: el camino de la modernización. En *Economía Sonorense más allá de los valles*. En ídem 15-41. Hermosillo: Universidad de Sonora.
- Vázquez Ruiz, Miguel Ángel. 2006. *Frontera Norte. La economía en Sonora. Una visión desde la perspectiva industrial*. Hermosillo: Universidad de Sonora.

Velázquez Camargo Carlos R. y Álvaro Bracamonte Sierra. Sistema de Innovación Regional en el Noroeste de México. 2008. Revista legislativa de estudios sociales y de opinión pública. v.1 n.2: 95-130.

Wasserman, Stanley y Katherine Faust. 1994. Social Network Analysis. *Methods and Applications*. Cambridge University Press.

Williamson, Oliver E. 1985. *The Economics Institutions of Capitalism. Firms. Market. Relational Contracting*. Yale University.

Wilensky, Uri y William Rand. 2015. *An Introduction to Agent Based Modeling. Modeling natural, social and engineered complex systems with NetLogo*. The MIT Press.

Yusuf, Shahid y Kaoru Nabeshima. 2007. *How Universities Promote Economic Growth*. World Bank Publications.

Zapata, Francisco. 1990. *Ideología y política en América Latina*. México: El Colegio de México.

Zoltan J Acs, Luc Anselin, Attila Varga. 2002. *Patent and innovation counts as measures of regional production of new knowledge*. Research Policy.

Referencias

Ucinet Quickstart Guide

<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnx1Y2luZXRxZmZ0d2FyZXxneDo3ZThjMzYzMmZiMTFiMDM1>

Sitio oficial de NetLogo

<http://ccl.northwestern.edu/netlogo>

Intro to Agent Based Modeling
intro-to-abm.com/

The Modeling Commons
modelingcommons.org

Open Agent Based Modeling
openabm.org

Anexo 1

Entrevista a Javier Bustamante Serrano, miembro fundador de GlobalMet (2013-2014)

1. Vamos a platicar un poco sobre innovación. ¿Me podrías platicar un poco sobre cómo concibes el tema? ¿Qué es la innovación para ti?

En México la innovación está muy frenada, siendo el mexicano tan creativo y tan ocurrente. El hermosillense como que tenemos una no identidad, como que queremos ser de México, DF o fr Guadalajara o de Monterrey, o peor de Estados Unidos, para hacer las cosas. Innovar es crear. Creo que tenemos mucho potencial para explorar y siempre andamos poniendo el pretexto que no hay apoyo del gobierno, que no me desarrollan aquí o allá. Volviendo al tema ahí está un GlobalMet. Les falta todavía una dirección. Están cayendo en errorcitos, pero ahí está una prueba muy clara, innovación tecnológica y algo que realmente no existe incluso internacionalmente. En la escuela mis clases o talleres mercadotecnia me gustaban por eso, era explotar esa innovación, esa creatividad hacia productos nuevos, que no existieran. En mis tiempos no eran tan ostentosas las presentaciones, eran más austeras. Ahorita el estudiante se está preocupando más por lo que va a ofrecer que por la idea realmente que viene desarrollando. Como ejemplo en esos tiempos hubo un evento con Tecate, en el que le decíamos si el agujerito del bote de cerveza lo haces más grande, vas a vender más. Nos oyeron como locos, y a los años cambiaron el agujero del bote. En ese mismo curso... pasaron 15 o 20 años y ya lo habíamos visualizado en aquél tiempo. Sí hay mucha creatividad, pero siento que no se está explotando.

2. ¿Consideras que existen ingredientes necesarios para que aparezca la innovación? ¿Cuáles son estos? ¿Podrías señalarlos en términos de Academia-Gobierno-Empresa?

Los mandos que están buscando una innovación o creación deben explotar la creatividad de los alumnos, no el miedo. Ya es una competencia entre los equipos a ver quién hace una presentación más bonita. Los maestros andan perdidos en ese sentido. Hay muchas maneras en que los maestros pueden desarrollar eso y crearlos. Aun cuando estuve peleado yo con León Mayoral, era muy buen maestro. Te da pocos elementos para desarrollar algo y lo tienes que desarrollar con lo que te da. Profesionalmente, ya en la práctica, en mi experiencia con GlobalMet quizá a mí me sirvió mucho la experiencia que ya traía de la calle con la novedad de los recién egresados. Era sí muchas veces conflictivo, es que, tiene que ser uno dos tres, pero si puedo saltarme el dos. Hay muchos liderazgos que bloquean a sus empleados.

Yo creo que hay muchos líderes o muchos jefes que tienen miedo que el empleado sobresalga o tiene una idea más brillante que la que tiene uno, en mi caso es desarrollarles esa. No detener una idea por más tonta que sea.

3. ¿Qué opinas del estado en el que se encuentra la innovación tecnológica en el sector en el estado de Sonora?

Si ha habido mucho interés de empresas en venir para acá es porque hay mucho potencial. Pero siento que no se está desarrollando o no hay un plan a futuro para hacer esos desarrollos. Esa

persona es... No hubo nadie que me dijera no es lo único. Venía el auge muy fuerte de las maquiladoras en ese entonces. Iba a empezar la Ford, universidades que desarrollaron las carreras tecnológicas, ingenierías, mecatrónica. Todas las carreras que ahora hay que en ese momento no había. Ok, la Ford va a traer todo esto, pero no nos centremos en la Ford nada más. Mañana o pasado que desaparezca la Ford va a ser un caos aquí en el estado. Hay mucho potencial que sale de aquí. Si tú te vas a cualquier lugar de tecnología, un porcentaje muy alto son de aquí, eso te habla de que hay un potencial muy grande a desarrollar aquí que no se está desarrollando. Sonora estratégicamente es un lugar muy caro. Por el calor, por la energía eléctrica, por todo esto. Seguir dependiendo de la agricultura de la pesca que está cada vez más mal, la minería que sube y baja. La ganadería que dependemos de las lluvias, cuando tenemos un mundo para explotar aquí. Estamos cerca de la frontera, unas cosas por otras.

4. ¿Consideras que esta situación podría mejorarse? ¿Sí? ¿No? ¿Cómo?

Sí hay muchas áreas de oportunidad. Acercar a las universidades. Las universidades y las escuelas cada vez es una cuestión más comercial, ya no es quién tiene los mejores alumnos sino quién tiene más o gana más. Siento que no hay una visión a largo plazo. Muchas veces no te lo permite los ciclos de gobierno que son cada seis años, y a esos quítale uno que es el de las elecciones. Entonces hay muy poco margen. Hay muy buenos planes, hay muy buenas ideas, pero ahí se quedan. No se desarrollan. Desconozco si hay algún plan, pero pienso que con voluntad o si todos tuvieran esa visión, esa inquietud.

5. Cuéntanos tu experiencia personal en materia de innovación. ¿Has participado o visto de cerca el desarrollo de un producto innovador? ¿Cómo fue? ¿Qué obstáculos se presentaron?

Tengo dos años que no estoy en GlobalMet. Ellos me invitan a trabajar. Era muy bueno el proyecto que traían. Nada más que había que aterrizarlo. Necesitaban esa dirección y pensaron en mí. Realmente fue una amistad cibernética, vía twitter. Nunca abundamos cuál sería mi trabajo. El proyecto me atrapa. Lo trabajamos año y medio, dos años antes de aterrizarlo. Empezamos a reunirnos una vez cada quince días, una vez a la semana, hasta que ya un diciembre dijimos, tenemos que empezar con esto si no nunca vamos a avanzar. Empezamos a trabajar con todo el business plan, con todo el marketing, con todo el concepto de GlobalMet, logotipos, y acciones que teníamos que realizar cada uno de nosotros. Y empezamos a buscar un inversionista. Y muy padre, porque fue la segunda o tercera persona que visitamos. El cerebro fuerte de GlobalMet es Jesús Juvera, Gabriel y Omar es la cuestión tecnológica, aterrizar el trabajo de Jesús en un producto que pudiéramos vender. De hecho sí al principio es difícil, más cuando ya tienes un inversionista, rendirle cuentas, administrar el recurso. El administrador era el eslabón más débil de todos. Sí hubo una parte donde o como te vienes al 100% o te queremos fuera, en el plan que habíamos hecho escalonadamente eventualmente todos íbamos a irnos al 100% para allá. Jesús era el primero que iba a entrar con sueldo completo, después seguía Omar y Gabriel y posteriormente seguía yo.

Hubo la presión de los inversionistas en meter a gente de ellos.

El primer problema fuerte que enfrentamos como GlobalMet y posteriormente para rendirle a los inversionistas fue que el plan financiero de ventas estaba calendarizado a los seis meses de iniciada la operación, el sistema era optimizar un tipo de suscripción como Netflix, pruébanos un mes gratis

y luego nos empezas a pagar. Cuando se desarrolla ya la aplicación, vemos que nomás teníamos una capacidad para 30 campos. Espérate, si nos soltamos con el plan de ventas que traemos nos va a tronar. Si de entrada nos llegan 100 pues qué vamos a hacer con los otros 70. El inversionista obviamente lo que quería era dinero. Entonces dijo, espérate. Estamos queriendo ajustar. Entonces vete a visitar campo por campo. El plan de ventas era visitar a las asociaciones agricultoras y agarrar a 20, 30 agricultores al mismo tiempo. Se encontraron alternativas pero que no llegaban al plan original. Se dieron los detalles y terminamos la asociación con ellos.

6. ¿Cuáles consideras que son las empresas más innovadoras del sector en Sonora?

Obviamente Globalmet es un producto extraordinario. Espero que no lo dejen caer. Es una idea genial. Sí caen en unas dinámicas que no los deja avanzar, un derroche de energía mal encauzado, siento que tienen áreas donde enfocarse más, tecnológicamente.

“Hello” es otra empresa que me gustó mucho. Es muy padre, a mí me encantó la idea, pudimos haber estado más tiempo ahí, pero por la misma naturaleza de lo que era GlobalMet necesitábamos una ubicación física, donde el cliente tuviera la certeza de que nos podría encontrar ahí.

En la cuestión ya un poquito más global, las maquiladoras que están desarrollando lo aeroespacial, desconozco nombres, uno de los socios inversionistas trabaja en una de las de Guaymas.

7. ¿Qué actores (academia, empresa, gobierno) clave podrías mencionar o consideras que están haciendo algo que vale la pena para mejorar las condiciones del desempeño del SRI?

Carlos Laso, siempre está muy metido. El otro sería Omar Aguirre, la parte pensante más fría, pero también más temerosa. Jesús se va a centrar mucho en él, en él como meteorólogo y en él como persona. Omar sí es un poquito más abierto y Gabriel es más relajado. Omar es muy centrado en las cuestiones tecnológicas.

8. ¿Sostienes comunicación vía e-mail con tus *peers*? ¿Con qué frecuencia? ¿Qué tipo de comunicación entra en este intercambio?

Hay mucha comunicación. No tanto como quisiéramos muchos. Todos los días. Hay desde planeación de proyectos, seguimiento de los mismos, solución a problemáticas, hay correos muy formales, hay correos muy informales, muchos apagafuegos que no tienes tiempo de desarrollar y es nomás mandar una instrucción. Pero sí, de todo tengo. Falta mucho. Fluye mucho. Tengo 74 correos sin abrir ahorita.

9. ¿Qué tipo de ambientes te parecen más propicios para colaborar? ¿Cuáles te parece que propician, o inhiben la conversación?

A mí me ha servido mucho la comunicación con todo el grupo, para que se sientan parte de. Yo pienso que somos nosotros, los que tenemos gente hacia abajo, los que debemos propiciar esas cosas. Si yo me voy para allá, mi jefe me pide algo, yo se los pido nomás a una persona. Puede funcionar o no puede funcionar, pero aquí hay muchos trabajos en los que se involucra todo el

departamento. Yo necesito que el departamento sepa la importancia real de lo que estamos haciendo. Cuando tú involucras al personal y lo haces sentirse importante de lo que está haciendo. Aquí todo cambia y la maquina funciona, y se empieza a trabajar. Y ahí en ese ambiente laboral agradable salen las ideas, y empiezan a hablar ellos mismos, y a tener la confianza de decirme, jefe, esto lo podemos hacer así. No cerrarme a decirles esto lo tienes que hacer uno dos tres. A estos niveles alguna capacitación que involucre a los que no somos así. Yo a ellos sí les digo mucho, aquí al final de cuentas el jefe soy yo, el que da la cara soy yo. Pero siempre que yo voy y doy la cara yo la doy por el departamento. Es parte de tener un ambiente sano laboral, el que te va a permitir que la gente tenga la confianza de desarrollar o decir una idea que sea.

Tengo 22 personas, ah vamos a la plaza, tengo algo que decirles. Pues a lo mejor es padre, un día.

10. ¿Eres averso al riesgo?

No, yo definitivamente soy de los que da el paso hacia adelante. Si me voy de boca, me voy a levantar y voy a dar el siguiente paso. Yo sí soy de los que no se quedan parados. Yo sí tomo riesgos. Me gusta. Te hace crecer. Si no cometes errores, si no te equivocas, no creces, no avanzas, te quedas donde mismo. Y si soy de la firme creencia que a mayor riesgo mayor ganancia. Claro, hay muchas situaciones en las que tienes que medir el riesgo.

11. ¿Podrías elaborar sobre los problemas específicos en materia de innovación que enfrenta el sector en el estado, y aún más específicamente, en tu empresa, escuela, institución?? [redundante]

No hay un plan a largo plazo.

12. ¿Cómo describirías tu estilo de trabajo en términos de cooperación con tus *peers*? ¿Sostienes contacto a menudo con ellos en espacios públicos? [redundante]

13. ¿Crees que la falta de cooperación científica y tecnológica entre pares pueda estar afectando el desarrollo de la innovación en el estado? Opcional: ¿Es un factor cultural?

Sí. Ese es otro mal del mexicano. Definitivamente que sí. Así como Globalmet, fui muy incisivo con ellos, cuando fuimos a visitar al primer inversionista se soltó un montón de información, y aun cuando ya sean nuestros inversionistas, tenemos que guardarnos mucha información, hasta que no esté todo el papeleo y toda la cuestión legal firmada, porque, hay mucho celo entre la gente, el celo normal del ser humano, está el robo de ideas a todo lo que da, podía haber llegado un inversionista y decir a ver, pláticame, y por dentro, mmmmh, yo lo voy a desarrollar, nuestra arma secreta era el Jesús, no deja de ser un meteorólogo, con muchos conocimientos sí. Yo consigo un meteorólogo y desarrollo la idea. Hay mucho celo en toda la industria, industria de la que me digas, por cuestiones de las personas, del ser humano, pero sí no existe ese espíritu de colaboración tampoco. En el que oye, yo estoy desarrollando esto, y aunque estés en otro giro completamente distinto. Sabes que dándome esa partecita que yo necesito me voy para arriba, y no me la vas a dar. Esa partecita que tienes para que embone y me haga levantar, dámela, NO. Es horrible.

14. ¿Podrías mencionar algunos espacios/eventos de convivencia entre *peers* que se realicen periódicamente en el sector? ¿A cuáles de ellos has asistido o planeas asistir? Si a ninguno, ¿por qué razón?

No me acuerdo cómo se llamaban, pero sí estuvimos yendo, sí fue a dos, ibas a compartir tus ideas, buscar inversionistas, había proyectos muy buenos, había otros que pues cada quien, unos que sí y otros que no veía tan buenos, pero sí había unas ganas de hacer un negocio.

15. Algunos expertos opinan que las actividades interpretativas que se dan en estos espacios son muy importantes, ¿qué opinas?

Para mí sí son importantes, o al menos a las que asistí, porque veías diferentes campos de innovación en distintas ramas, te abre la visión, a lo mejor alguien está desarrollando, curiosamente ahí estás compartiendo en un ambiente social, no necesariamente estás dando los puntos finos, y en el cual no llegas a intimar en cuanto a que oye, eres la tuerca que me hace falta, hasta que estás completamente convencido de que es la tuerca que te hace falta y es la persona que te lo puede dar.

16. ¿Tres materias clave de tu carrera?

Un maestro, Gustavo de Unanue, nos vendió la idea de ser contador, porque de esa manera puedes ser contador y administrador, y me especialicé en impuestos (...) Mis materias favoritas fueron Mercadotecnia, Impuestos y Finanzas.

17. ¿Puedes citar a tus tres mejores maestros?

Había uno que era el terror de la escuela, de Finanzas. “Uh, te tocó con Mireles, ya valiste”. A mi me fue muy bien. Era un gran maestro. La otra era una maestra de mercadotecnia, Pam Urduño. Mi otro maestro que nada tiene que ver con la escuela es mi maestro de Tae Kwan Do.

18. ¿Cultiva algún tipo de cooperación científica o técnica con tus *peers*? ¿De qué tipo? ¿Con qué frecuencia? ¿Puedes citar un ejemplo? (paper, laboratorio, asesoría, asistencia, coaching, materiales, información importante para la industria)

19. ¿Te interesa innovar? ¿A tu empresa (institución, escuela) le interesa innovar? ¿En qué nivel dentro de la escala de innovación crees que se ubica (imitación, incremental, disruptiva)? ¿Es individual o colaborativa?

Te voy a decir personal, y luego lo que estoy haciendo. A mi me encantaría crear algo para la mujer. Ahora, sí, me gustaría mucho innovar. Incremental. Sonora tiene un potencial turístico increíble. Si me voy al área del buceo, falta mucho por explotar y por desarrollar. Turísticamente y tecnológicamente. Junto con GlobalMet se quedaron en el tintero siete u ocho aplicaciones que quiero hacer. Lo he pensado con algún otro desarrollador. Sí me interesa mucho innovar, sí me interesa mucho aterrizar todo eso. Y aquí todos los días pienso si no en innovar, cómo hacerlo mejor o hacerlo diferente, que te facilite lo que estás haciendo.

20. ¿Te consideras una persona curiosa?

Sí, mucho. Pregunto mucho. No me gusta quedarme con las dudas. Sí, soy muy curioso.

Anexo 2

Entrevista a Alejandro Bonillas, CEO de Humantu

1. ¿Vamos a platicar un poco sobre innovación. ¿Me podrías platicar un poco sobre cómo concibes el tema? ¿Qué es la innovación para ti?

Hace ratito leí un libro de Peter Thiel . Fue el que le metió dinero a Facebook. Él co-fundó PayPal con Elon Musk. Y me gustó su definición de innovación. La mayoría de las startups tratan de hacer. Carros eléctricos que se vendan, que tengan buen precio. Lo de Uber, por ejemplo. La *sharing economy*. Que resuelven un problema. Es algo que tiene sentido económico, me va a ahorrar tiempo, es más barato, algo que en realidad mejora tu vida, algo que importa. Algo que mejore tu vida de verdad, eso para mí es innovación.

2. ¿Consideras que existen ingredientes necesarios para que aparezca la innovación? ¿Cuáles son estos? ¿Podrías señalarlos en términos de Academia-Gobierno-Empresa?

Pues, yo creo que. Sí, ¿no? Sí puede haber. Es muy difícil, porque ese tipo de innovación requiere fondos. Requieren mucho *know-how*, mucho apoyo de conocimientos para hacer el proceso bien, ¿no? Yo creo que sí puede haber en Sonora, de hecho sí ha habido, como te señalo el caso de Agebraix. Muchas escuelas llevaban todavía en Excel el sistema administrativo. Ese sistema lo tienen muchas escuelas en Sonora, el Colegio Americano, el Regis, la prepa del Tecnológico de Monterrey. Entonces, para ellos sí funcionó. Solucionaba un problema, y les pegó. Yo creo que sí existen las condiciones. Sí están (las condiciones) para generar cierto tipo de innovación.

3. ¿Qué opinas del estado en el que se encuentra la innovación tecnológica en el sector de las TIC en el estado de Sonora?

Aún está muy en sus inicios. Sí veo, en cuanto a innovación. Conozco a algunos que tienen ideas, y tratan de desarrollarlas. Está en estado inicial, y hace falta más impulso a esas mentalidades de innovación.

4. ¿Consideras que esta situación puede mejorarse? Sí, no, y cómo.

Sí puede mejorarse. Por ejemplo, el Tec de Monterrey. Hay una carrera basada en crear empresas así, tipo startup. Y dan cursos así de, los llevan a Silicon Valley. Entonces, yo creo que más programas así, y más apoyos de fondos para desarrollar estos programas. Sí hace falta eso. Pero yo creo que sí se puede. Sí le veo que puede haber un futuro en eso en Sonora. Yo creo que incluso también los empresarios, empresarios que han tenido éxito –que tienen el capital- con esa mentalidad, con tantas ideas, yo creo si esos empresarios quieren invertir en algo, sabes qué, tanto fondo perdido, pero si sí pega nos puede ir muy bien. Yo creo que sí se puede, definitivamente sí.

5. Cuéntanos tu experiencia personal en materia de innovación. ¿Has participado o visto de cerca el desarrollo de un producto innovador? ¿Cómo fue? ¿Qué obstáculos se presentaron?

Unos productos que tengo yo, hace mucho que lo empecé (Medicatec). Este. Es una buena idea, el administrador de consultorio y también el manejo del expediente clínico, no he logrado la manera de desarrollar el producto perfecto para ese mercado, que sé que necesita, porque lo están buscando. Cómo me lo fondeo para poder desarrollarlo. Ventas siempre es. No sé si te acuerdas, hace 10 años, hice esta red social, pero pues, sí entraba gente, sí está cool que alguien está haciendo una red social y es de aquí. Estaba basado en Flash, según yo estaba siendo innovador, pero era medio animado, no era nada innovador, no estaba resolviendo ningún problema. Lo del flash después resultó ser un problema porque alentaba la computadora. Prueba y error, prueba y error, sigo buscando hasta encontrar el producto que en realidad resuelva el problema. Ya que tienes ese problema darle y seguirle dando. Te vas a enfrentar con miles de problemas. Siempre va a haber problemas. Por ejemplo con el que tengo ahorita, Humantu Cloud. Me hackearon el servidor, me hicieron un DDOS attack, también afectó a Medicatec. Estaban los médicos histéricos porque no podían entrar, ¿no?. Entonces ahorita lo que estoy haciendo, con esto no quiero tener este tipo de problemas, lo pude haber lanzado ya, lo estoy migrandolo a una plataforma como el Google Engine. Total, si tienes la idea perfecta y el producto, darle hasta que, superar todos los obstáculos hasta que salga. Por ejemplo lo mío se ha hecho. Pero pues, sé que ese producto a muchas empresas les serviría. Es enfocado a este mercado de empresas mexicanas. Pequeña y mediana empresa que requieren algún sistema administrativo. Cualquier tipo de negocio así. Y es en la nube.

6. ¿Qué empresas consideras más innovadoras del sector TIC?

Te mencioné ahorita de MedPro, básicamente lo que van a hacer es, médico a tu casa, ese es un problema y ellos están tratando de resolverlo. Es un *flat rate* pero ahí mismo van a tener recetas y medicamentos. Es una buena idea. La otra empresa es Algebraix. Casi todas las escuelas primarias, secundarias e incluso preparatorias están usando la plataforma esa. La otra empresa que no está haciendo en realidad nada, bueno que no es innovador, pero sí se la están rifando es Nearsoft. Ellos se enfocan mucho en proteger al programador. En conseguir al mejor programador y ya que lo tienen, si quiere esto, esto le vamos a dar, tienen sueldos competitivos, más que competitivos para ser México. Entonces, sí es. No sé, aunque simplemente son desarrolladores que trabajan para otras empresas. Es innovador en cierto aspecto. También la manera como contratan. Sí tiene sus cosas mexicanas, es un modelo que me gustaría copiar mucho.

7. ¿Qué actores (academia, empresa, gobierno) clave podrías mencionar o consideras que están haciendo algo que vale la pena para mejorar las condiciones del desempeño del SRI?

De gobierno no sabría decir quiénes. Este tipo de mentalidades, que no importan los obstáculos, lo voy a sacar adelante. Te puedo recomendar, el de Algebraix, mi amigo. Se llama José Viskowsky. El de MedPro, que antes era Teknol. Los empresarios, a final de cuentas ellos sacan esto, ellos tienen una mentalidad especial. Búscate a Roberto Martínez, de Nearsoft. Guillermo Espíndola tiene una aplicación que te permite comprar vino en línea, WineUX. Está muy metido en el rollo de los startups. También tiene SpinMedia, que es de *community management*.

8. ¿Sostienes comunicación vía e-mail con tus *peers*? ¿Con qué frecuencia? ¿Qué tipo de comunicación entra en este intercambio?

Sí tengo bastante comunicación. Con Viskowsky. Él es ese tipo de mentalidades. Muy metódicos. Sí, todos los días Chat, Facebook Messenger porque nos da flojera whatsapp. Muchas cosas he aprendido de él. Problemas de logística o problemas técnicos de programación.

9. ¿Qué tipo de ambientes te parecen más propicios para colaborar? ¿Y cuáles inhiben la colaboración?

De hecho todas, sí las conferencias, las conferencias bien, podemos conocer gente, sirve, todo eso de que los empresarios platiquen sus experiencias sí sirve mucho. Me gustó mucho el programa Business Room, no sé si de Canacintra o Coparmex, lo dirige el director o ex director de Salsas Castillo. Te cuentan tus experiencias de emprendimiento. Algo así, tienen todo un tema, te cuentan sus experiencias. Qué hacer, qué no hacer. Sus tips. Son emprendedores que lograron hacerlo. Ese tipo de eventos me gustan a mí. Cuando estás en confianza puedes decir más claras las cosas. Semiformal, la formalidad como que te inhibe un poco.

10. ¿Eres averso al riesgo?

Sí estoy tomando algunos riesgos. Estoy poniendo mucho de mi dinero ahorita, no está padre. Sí necesitas arriesgarte. Al principio sí era muy “*go for it*”. Últimamente no, sí analízalo más. Sí, de hecho con el tiempo he aprendido, riesgos caculados. Pero cada vez son más calculados. Vas más a lo seguro, más inteligente. No perderlo todo. No sé. Es un tema. Entonces, antes sí era me voy a tirar, sí era el 9 o el 10, ahora 5 o 6.

11. ¿Podrías elaborar sobre los problemas específicos en materia de innovación que enfrenta el sector en el estado, y aún más específicamente, en tu empresa, escuela, institución?

Sí hay un problema. Hay ciertas cositas de cultura que sí afectan. El no pagarle a tus proveedores, jinetear dinero. Afecta a las empresas. Esas cositas, ese tipo de cuestiones, no estoy seguro si son culturales, no sé como se maneje en el norte de Europa, los contratos, en Sonora si afecta. Si es mucho de mentalidad lo que se tiene que cambiar. En todas las empresas pagamos muy tarde, jinetemos o eso. No podemos aceptar que sea normal esto. No es nomás esto. En cuanto a mi empresa, sí es un problema la ubicación. Quisiera estar más cerca de clientes buenos potenciales, para poder cerrar tratos. También está el problema de talento o capacidad. Programadores que puedan sacar el trabajo bien de manera disciplinada. Encontrar el talento correcto que tenga la disciplina correcta es difícil de encontrar. Aunque sí hay calidad, no es mucha la verdad. El talento cuesta, y a veces no lo podemos pagar. Tengo un programador muy bueno de medio tiempo, porque “I cant afford him”. Yo cuando trabajaba en Tiempo, tampoco era el mejorcito.

12. . ¿Cómo describirías tu estilo de trabajo en términos de cooperación con tus *peers*? ¿Sostienes contacto a menudo con ellos en espacios públicos?

Yo estoy abierto. Todas las invitaciones que me hacen, les pongo que voy a ir. Yo sí voy. Voy para ver cómo podemos participar, cómo nos podemos ayudar.

13. ¿Crees que la falta de cooperación científica y tecnológica entre pares pueda estar afectando el desarrollo de la innovación en el estado? Opcional: ¿Es un factor cultural?

La verdad es que no sé. Siento que sí ayudaría. Una startup community. Definitivamente ayudaría. Sé que han intentado hacer algunas. Startup Drinks. Angel Ventures de la Canacintra. Pero después la gente no va. Van al principio. Sí hay gente que ha tratado de hacerlo, pero no se le dá continuidad. Si estaría bien, ese proyecto era por particulares, Por ejemplo Startup Canada, siempre está. Cada semana o cada dos semanas hacen eventos. Así vayan 3 gentes.

14. ¿Podrías mencionar algunos espacios/eventos de convivencia entre *peers* que se realicen periódicamente en el sector? ¿A cuáles de ellos has asistido o planeas asistir? Si a ninguno, ¿por qué razón?

Sé que hay uno hoy. A ver si voy. Si estaría padre ir. O por mi problema de apático. Yo estoy mal ahí. Esta persona llamada Daniel Mancera hizo una vez, un como, una mesa directiva, invitó a los que están haciendo startups, y se empezó la mesa, y fueron como mes y medio, y después dejaron de ir y se deshizo, como que al principio hay ánimo y después no.

15. Algunos expertos opinan que las actividades interpretativas que se dan en estos espacios son muy importantes, ¿qué opinas?

Es que por ejemplo en mi caso, que me he comunicado mucho con mi amigo, me ha ayudado bastante. Muchas personas piden ir a congresos, pláticas, para ver a otras personas que están trabajando en lo mismo. Sí es importante. Cuando estás con otra gente que ha pasado por lo mismo. Históricamente cuando estás en los coworking spaces yo creo que sí ayuda. Sí es importante, no sé cómo se podría hacer para que sí se dieran. Creo que se hizo un comité, estaba Roberto Martínez. Creo que sí lo han hecho. Como que los mismos que están en el Comité no le dan continuidad. En el caso de Canadá, Startup Canadá es a nivel federal.

16. ¿Tres materias clave de tu carrera?

Aprendí justo cuando salí. Hacía diseños de páginas en el 2002, luego ya animaciones. No sé por qué nunca, las clases de programación, simplemente como nunca había llevado nada de lógica, no entendía. Cuando me puse a trabajar y tenía que sacar las cosas, aprendía. Como mi último año de la carrera tuve un curso de emprendedor en el Tec, porque desde entonces como que traigo ganas de hacer algo. En algún momento pensé a cambiarme a mercadotecnia, nunca me cambié, ya que la terminé, y que me puse yo a hacer cosas, siento que qué bueno que no me salí de la carrera de sistemas.

17. ¿Puedes citar a tus tres mejores maestros?

No siento que en la carrera tuve, un maestro en particular, el gran maestro. Tuve un buen maestro de matemáticas en la prepa, Macario Acosta. Álgebra.

18. ¿Cultiva algún tipo de cooperación científica o técnica con tus *peers*? ¿De qué tipo? ¿Con qué frecuencia? ¿Puedes citar un ejemplo? (paper, laboratorio, asesoría, asistencia, coaching, materiales, información importante para la industria)

Asesoría, sí. Intercambio de información, también. Mentoring, tanto darlo yo como recibirlo.

19. ¿Te interesa innovar? ¿A tu empresa (institución, escuela) le interesa innovar? ¿En qué nivel dentro de la escala de innovación crees que se ubica (imitación, incremental, disruptiva)? ¿Es individual o colaborativa?

Sí me interesa mucho innovar. Para mí es resolver un problema, y es muy difícil. Pero sí es algo que traigo yo desde la prepa. Poder hacer algo que en realidad resuelva un problema. Para innovar de verdad no quiero que copies a alguien más. No necesitas ser disruptivo por ser disruptivo, es resolver un problema. La palabra *disruptive* todo mundo la usa para cosas que no son para nada *disruptive*. Mucho. Mi empresa Humantu, Innovation for Humanity. El caso es mejorar algo, resolver un problema. Ahorita básicamente estoy enfocándome mucho en que la empresa genere *revenue* y se mantenga, y a la vez hacer eso. Poder resolver un problema, que ese problema genere *revenue*, que de empleo. Mi idea es no tener competencia. Siempre estoy pensándolo solo. Muy rara vez platico las ideas. Pero una vez que tengo la idea sí la platico.

20. ¿Te consideras una persona curiosa?

Sí, la verdad sí. Sí soy curioso. Me gusta conocer la teoría y cómo funcionan ciertas cosas. Sí me cuestiono. No me conformo con “porque así siempre ha sido”.

Anexo 3

Entrevista a Axel Valdez, desarrollador en Nearsoft

1. Vamos a platicar un poco sobre innovación. ¿Me podrías platicar un poco sobre cómo concibes el tema? ¿Qué es la innovación para ti?

La innovación es un término medio gastado en la industria. Nuestra industria vive de la innovación. Estamos muy familiarizados con el término, pero no todos los que están innovando, realmente lo están haciendo. En Nearsoft tuvimos una conversación al respecto, porque a todo lo llamábamos así. Al final decidimos usar otros términos. Abusamos del término, pero realmente inventamos pocas cosas. Cambiamos pocas cosas.

2. ¿Consideras que existen ingredientes necesarios para que aparezca la innovación? ¿Cuáles son estos? ¿Podrías señalarlos en términos de Academia-Gobierno-Empresa?

Sí creo que los hay. Creo que el ingrediente principal, y te estoy hablando de la industria del software, creo que lo que se necesita es conocimiento, y éste puede ser académico y de experiencia (laboral, etcétera). Es cuando empiezas a detectar cosas que se pueden hacer de mayor manera. Se está generando y se está utilizando cada vez mayor conocimiento en el área de software, por las empresas que hay. A nivel gobierno creo que sí está ahí, la posibilidad, el ingrediente, pero no tan fuerte como debería de estar. Creo que deberíamos tener más iniciativas, más programas, para que se den esos procesos que generan innovación. A nivel empresa, no conozco Nogales, pero sí Obregón y Hermosillo y sí hay empresas que están preocupándose por generar innovación.

3. ¿Qué opinas del estado en el que se encuentra la innovación tecnológica en el sector en el estado de Sonora?

Creo que hay iniciativas para innovar pero son muy pequeñas todavía. Mucho se está haciendo para explotar negocios, para generar lana. En Nearsoft se están haciendo algunas cosas para innovar. El tema está iniciando, a un nivel muy pequeño, pero está, sí lo estamos haciendo. Yo viví mucho tiempo en Sinaloa. Estamos en un punto quizá muy pequeño, pero sí lo estamos haciendo. Sí lo veo sólido. Creo que estamos empezando a pensar, a tener esa óptica a nivel industria. Esto es un negocio, pero eso también es importante. Esto si lo estamos explotando, explotando, sólo podemos llegar hasta cierto nivel, pero si nosotros comenzamos a cambiar esta tecnología eso va a potenciar.

4. ¿Consideras que esta situación podría mejorarse? ¿Sí? ¿No? ¿Cómo?

En las empresas de tecnología específicamente veo una mentalidad muy tipo maquila, no pensando en la tecnología como algo en lo que podamos incidir sino como algo que podemos explotar nada

más. Creo que deberíamos de convencer a directivos de que invirtiendo un poquito en innovación aunque pierdas un poquito de negocios, aunque no necesariamente genere ganancias. Nosotros lo estamos haciendo, y se me hace que todos lo deberíamos tener. Es algo esencial en la industria. Todos están super conscientes en que hay que invertirle en generar tecnología.

5. Cuéntanos tu experiencia personal en materia de innovación. ¿Has participado o visto de cerca el desarrollo de un producto innovador? ¿Cómo fue? ¿Qué obstáculos se presentaron?

He sido testigo de proyectos internos. Tenemos un documento interno en el que escribimos cuando detectamos un problema, y si hay personas que estén desocupadas trabajan en él. Le llamamos interal issues. El mínimo nivel de participación es anotar un problema. Y sí se han formado, ahorita se está formando un proyecto de *car pooling*. Ya se ha utilizado en dos eventos. Está en pañales todavía y responde directamente a un problema que teníamos. He estado en Startup Weekend, sí vi cosas valiosas ahí, y he visto cómo nace la idea, obtiene fondeo, etcétera. La empresa eventualmente “no pegó”. Ni aún con ese lema, todo se siente como un juego. Uno de los principales obstáculos es limitarte a ti mismo. Uno de los principales obstáculos es que no se piensa en grande, y otro la falta de fondeo, estamos en una región en la que no se acostumbra invertir en proyectos inseguros. Me atrevería a decir que ese es el obstáculo que se ve más.

6. ¿Cuáles consideras que son las empresas más innovadoras del sector en Sonora?

Nearsoft creo que está innovando en varios aspectos en todo lo que abarca en nuestra labor. En Novutek, creo que están haciendo las cosas bien, ya se están preocupando por (...) el director venía de maquiladoras, venía con ese estilo de administración de maquilas, de horas hombre, no lo veían como trabajo creativo el desarrollo de software, muchos de los que yo trabajé, ahorita están en puestos gerenciales, tienen una óptica más relajada y conocen más la industria moderna de software, es un proceso largo. Siento que TD representa toda esa parte que te decía, vamos a explotar el conocimiento que tenemos para generar lana, pero no vamos a generar nuevo conocimiento. IB es una empresa que está en California. Vangtel es un shelter, somos empleados de segunda clase estando acá. En general no genera innovación, se dedican a explotar sitios web, explotarlos comercialmente.

7. ¿Qué actores (academia, empresa, gobierno) clave podrías mencionar o consideras que están haciendo algo que vale la pena para mejorar las condiciones del desempeño del SRI?

La academia en general sienta las bases para que el juego se eleve, entonces creo que es super importante, no sé de personas específicas, pero sí líderes del sector empresarial, si esos líderes tienen esa visión. Roberto creo es una persona que debería haber muchos. No busca el aplauso fácil, pero trabaja muchísimo y está genuinamente interesado en que el juego de la innovación se eleve. En todos los años que tiene Nearsoft nunca ha tomado más de su sueldo, todo se reinvierte

en Nearsoft. El sector gobierno ayuda, funciona para interesar a la gente, pero para generar innovación creo que academia y empresa son básicos.

- (1) Roberto Martínez
- (2) X
- (3) X

8. ¿Sostienes comunicación por correo electrónico con tus *peers*? ¿Con qué frecuencia? ¿Qué tipo de comunicación entra en este intercambio?

Siempre estamos hablando, con mis *peers* y mis *peers* no son necesariamente los que están aquí, son personas que se dedican más o menos a lo mismo. Siempre estamos hablando de nuestro trabajo, es imposible dejar de hablar de eso. Si pones a dos *developers* a hablar de algo técnico, al rato llega otro, porque es como nos desarrollamos. Mantengo comunicación constante, e incluye conversaciones tanto informales como técnicas. Constantemente, todo el día.

9. ¿Qué tipo de ambientes te parecen más propicios para colaborar? ¿Cuáles te parece que propician, o inhiben la conversación?

Creo que es bien importante un ambiente donde te sientas respetado, y eso refleja en que te tratan bien, en que tu sueldo es bueno y lo consideras decente para lo que tú sabes, compensado y puedas aprender de otros. Donde no se da ese intercambio es en esas empresas donde no te respetan y eso se refleja usualmente en vales tanto como las horas que estés aquí sentado o logres facturar. Esas personas que trabajan así no hablan de cosas técnicas, de cómo innovar. Sales a fumar y hablas de lo que fuera menos trabajo. “Ya no quiero programar, wey, salte de aquí, vete”. Cuando el *burnout* llega no se dan conversaciones, no quieres saber nada, siempre te sientes amenazado, si tienes síndrome del impostor se amplifica durísimo. Creo que un ambiente donde te sientas respetado, y donde te sientas compensado es lo que hace que se de esa conversación constante.

10. ¿Eres averso al riesgo?

Mucho. Le temo. Me pone nervioso. Soy una persona muy rutinaria. Intento tomar riesgos profesionalmente pero tengo que hacerlo de manera consciente. Me ubicaría en un tres o cuatro. El tener un hijo cambia en gran medida que tan propenso eres a tomar grandes riesgos.

11. ¿Podrías elaborar sobre los problemas específicos en materia de innovación que enfrenta el sector en el estado, y aún más específicamente, en tu empresa, escuela, institución?

En general no tengo experiencia en el tema, pero podría apostar que el problema es que no hay capital de riesgo. Un inversionista de riesgo lo hace porque una vez se aventó y tuvo muy buen resultado. Son muy conservadores, no piensan en innovar sino en generar lana. No nos damos

cuenta qué tan grande puede ser una idea bien llevada, alineada con un problema real y que se desarrolla de la manera correcta. Probablemente también entra un asunto de temor a tomar riesgos. Uno de los problemas que tenemos es que tenemos ubicados muchos problemas menores, pero estamos iterando mucho sobre lo mismo, y la solución no suele ser la óptima. Pero es un buen problema que tener.

12. ¿Cómo describirías tu estilo de trabajo en términos de cooperación con tus *peers*? ¿Sostienes contacto a menudo con ellos en espacios públicos?

No lo hago tanto por mi situación personal. Pero sí me gusta mucho. Hay uno que se llama Hackers & Founders. Estoy tratando de ir desde el primero. Siempre estamos hablando de lo mismo, entonces está chido hacerlo en otro *setting*, con unas cervecitas o platicando, y me gustaría que hubiera más cosas así. Yo estoy pensando crear uno para diseñadores, pero no lo he organizado totalmente, no lo he empezado. Definitivamente soy muy aficionado a reunirme en espacios públicos. Estuve jodiendo en twitter para que hicieramos otro café tuitero, de los que hacía el Jorge Pistola.

13. ¿Crees que la falta de cooperación científica y tecnológica entre pares pueda estar afectando el desarrollo de la innovación en el estado? Opcional: ¿Es un factor cultural?

Sí, probablemente. Quizá si cooperáramos. No creo que sea el problema más grande, pero sí creo que afecta. Tendemos a aislarnos en tribus. Siento que tendemos a dividirnos, por alguna razón tendemos a dividirnos. Quizá como mexicanos, pero casi casi como humanos. Tendemos a crear un grupo y a protegernos del mundo. A todos los niveles, tendemos a dividirnos en tribus, y si no tuviéramos eso.

14. ¿Podrías mencionar algunos espacios/eventos de convivencia entre *peers* que se realicen periódicamente en el sector? ¿A cuáles de ellos has asistido o planeas asistir? Si a ninguno, ¿por qué razón?

Está Startup weekend, Super Happy Dev House, Hackers & Founders. En Guaymas están haciendo cosas de Makers, con Arduino. Están las cosas de las universidades, Itson tiene su semana académica de sistemas, me ha tocado ir porque nos invitan a dar charlas o talleres, aunque no es un espacio público pero se está curando.

15. ¿Algunos expertos opinan que las actividades interpretativas que se dan en estos espacios son muy importantes, ¿qué opinas?

Cuando das el pasito atrás, cuando empiezas a hablar del quehacer diarios, cuando cambias el ángulo, te caen muchos “veintes”. Por estar hablando desde un punto de vista más amplio, es uno de los grandes momentos en que se da esa chispita de la innovación, cuando estás viendo

todo desde arriba. Cuando la cosa se pone meta, empiezas a generar cosas. No necesariamente por el espacio público, sino por estar hablando en modo meta.

16. ¿Tres materias?

La primera vez que llevé algoritmos, fue la primera vez que todo era bien lógico. Si logro tener la inteligencia de separarlo todo en pasitos voy a poder resolverlo. Hizo que dejara de tener miedo a todo lo complicado que puede ser el desarrollo de software. Si ahorita por razones del destino me tuviera que poner a programar, sé que siempre lo puedo llevar a pasitos, y eso te da mucha tranquilidad. Todo se compone de pasos. Si logras abstraerlo todo, lo consigues. Como materias no sé, tuve un maestro que era un hijo de la chingada, y ese cabrón no fue que me haya enseñado mucho, y era un bato super dork, muy raro, en el Tecnológico de Culiacán, y después de la asesoría por alguna razón me empezó a contar de su carrera, y se me hizo bien curado porque él trabajaba en una empresa, y era como el developer principal, y me dijo que una vez vió que había una vacante, y habló para preguntar los requisitos, y le hablaron de un lenguaje que no sabía, le dieron una entrevista por siete días y dejó de hacer todo para aprender el lenguaje, lo contrataron y terminó siendo el lead developer. Es como un jueguito, hay que aprender a jugar con las reglas. La cosa ahí es como en matrix, aprende a doblar las reglas, esto no es difícil siempre y cuando sepas que no es difícil. No creas que puedes romper las reglas, sabe que puedes romperlas. Y hay una anécdota, no creo que haya impactado tanto en mi carrera profesional porque no soy tan terco ni tan orgulloso. Yo entré en el 95 a la universidad, en el 97 llegó el internet y yo dejé de ir a clases. Abrieron un grupo para trabajar en internet, yo me inscribí y empecé a ignorar las clases. Cuando presenté el examen especial, era en clipper, El maestro nos daba un problema y teníamos 24 horas para generar la solución. Yo hice mi examen y se lo entregué, y el bato leyó el código, y me dijo, mira Valdéz, te voy a hacer el favor de decirte esto, dedícate a otra cosa, estás muy pendejo, nunca vas a hacerla en esta profesión, dedícate a otra cosa. Nunca lo volví a ver. Lo que más me marcó profesionalmente fue dejar la escuela. Eso de dejar las clases por dedicarme a aprender internet, me causó culpa por muchos años, pero eso fue lo que creó el yo profesional que soy ahora. He hecho una vida de eso. Si algo en general me ha marcado, es ese momento, en que descubrí el internet.

17. ¿Puedes citar a tus tres mejores maestros?

No tengo grandes figuras.

18. ¿Cultiva algún tipo de cooperación científica o técnica con tus *peers*? ¿De qué tipo? ¿Con qué frecuencia? ¿Puedes citar un ejemplo? (paper, laboratorio, asesoría, asistencia, coaching, materiales, información importante para la industria)

No, personalmente no. Mentoría tal vez.

19. ¿Te interesa innovar? ¿A tu empresa le interesa innovar?

A mí sí me interesa. A la empresa le interesa. Lo que se da en Nearsoft es colaborativo. Casi nunca se dan proyectos que sean individuales. Nos mantenemos incremental, estamos añadiendo valor a ciertas cosas, pero no estamos a nivel disruptivo.

20. ¿Te consideras una persona curiosa?

Sí. Gracias a eso puedo mantener a mi familia. Comencé viendo el código fuente para ver cómo era. Creo que eso me lo fomentó mucho mi mamá que me contestaba todo. Si le preguntaba algo al otro día me traía el libro. Teníamos una enciclopedia del Readers Digest, mi mamá dejaba lo que estaba haciendo y profundizábamos, nos poníamos a leer. Mi carrera se basa en eso, soy autodidacta. Creo que si me hubiera quedado en la escuela habrían matado mi curiosidad.

Anexo 4

Entrevista a Carlos Lizárraga. Académico del departamento de Física de la Universidad de Sonora y consultor de Análisis Numérico para Tiempo Development

En la Universidad siempre nos están insistiendo que nos vinculemos con la industria. Desde la Universidad cuando uno hace un proyecto nuevo te preguntan sobre el mercado local. Cuando es un mercado global, que se mueve muy rápido, casi no hay tiempo de planear. Las tecnologías avanzan muy rápido, desaparecen otras. Con la falta de mano de obra se acercan a los latinoamericanos. Lo que sucede a veces es que las universidades no estamos produciendo los especialistas para poder competir luego luego en el mercado. Yo veo ese hueco todavía. Por ejemplo en LinkedIn, las ofertas de trabajo a diario. Cuando empezaron las maquiladoras de software, el mercado de Estados Unidos es uno de los más importantes en la tecnología. No les funcionó el outsourcing a China. Se pueden tener sesiones en horas de oficina en cualquiera de los cuatro horarios de Estados Unidos. Se pueden incrustar fácilmente en ese mercado. También noto mucha movilidad. Los empleados se mueven mucho de empresa. Si estás en una empresa, a los tres años es diferente la gente que trabaja. He encontrado algo interesante y he intentado llenar los vacíos. En Estados Unidos sí hay programas, algunos de maestría. Doctorados hay muy pocos porque realmente es una ciencia aplicada. Es lo que estoy trabajando. Fue algo quizá casual, porque aquí en Hermosillo habrá cuatro empresas de desarrollo de software (Tiempo, Nearsoft, Vangtel, etcétera). Tiempo tiene tres ubicaciones en México. Ahorita está creciendo más Guadalajara. Hay mucho auge, muchas empresas están instalándose en Guadalajara. En Tiempo todos los clientes son de Estados Unidos.

1. Vamos a platicar un poco sobre innovación. ¿Me podrías platicar un poco sobre cómo concibes el tema? ¿Qué es la innovación para ti?

La innovación yo siempre lo he visto como una oportunidad que podemos explorar. Yo a veces pienso en estadística. Bueno, yo no lo hago ahora, qué es lo que hace la mayoría de la gente en promedio. Ya estoy como los demás, pero entonces la competencia. Es como si quisiéramos desarrollar en este momento un sistema operativo, pues ellos tienen muchos años, muchos recursos, entonces no puedes entrar en ese mercado. En el momento que entró Telmex todas las empresas que eran intentos de ser proveedores de internet se vinieron abajo. La innovación no necesariamente tienes que emprender un producto completamente nuevo. Ahorita en este momento yo veo que hay muchas oportunidades de trabajo en la ciencia de los datos. En muchas empresas los datos no se están analizando, y al no estarse analizando se están perdiendo muchas oportunidades de mercado. Pensemos en los servicios de paquetería. Esos negocios no serían nada si no estuvieran analizando los datos. Todo eso te lo va a respaldar el análisis de datos, y eso sería una oportunidad que yo veo que en México se podría. La innovación se reduce a, quizá Zuckerberg, fue el que pegó primero, ya conocemos la historia. Sí vemos muchos proyectos que inician con una pequeña aplicación. No todos van a tener éxito, pero algunos son comprados por compañías más grandes. Desde el punto de la vista de la tecnología.

2. ¿Consideras que existen ingredientes necesarios para que aparezca la innovación? ¿Cuáles son estos? ¿Podrías señalarlos en términos de Academia-Gobierno-Empresa?

Eso se puede explicar por la misma forma en que se dan los apoyos para investigación. La academia atiende las convocatorias que se diseñan en estos organismos. Aunque recientemente hay convocatorias para apoyar. Las convocatorias están orientadas a empresas que quieren desarrollar un producto. Se pide que las empresas pongan su contraparte de fondos. Ha aumentado el número de proyectos de innovación tecnológica, pero sí se ve un poco más de movimiento. Desde la universidad uno tiene una gama de posibles productos donde solicitar apoyos. Hay toda una tradición, hay un establecimiento de quiénes revisan las convocatorias, y sí siento que hay salto entre los productos que se aprueban. Casi casi investigación básica. Los que les aprueban proyectos son investigadores que ya tienen aprobados proyectos en la historia. La derrama tecnológica o la derrama de conocimiento no es más amplia. Generalmente esa es la regla. Tú metes un proyecto cuando ya tienes los resultados, y eso no promueve la investigación tanto. Los investigadores hacen contratos con el sector privado, y puede desarrollar cosas para la industria que lo está apoyando. La universidad en Estados Unidos, que no es el concepto de la universidad en México. No es una institución con función pública. En Estados Unidos son empresas, tienen que ser rentables. Cuando un investigador consigue un proyecto. La investigación y los resultados de investigación tienen otra dinámica. Generalmente en México la industria no invierte en investigación y en desarrollo tecnológico. Prefiere comprar. Son distintas concepciones, y en todo eso se va de paso lo que puede ser innovación, porque para hacer innovación tienes competencia internacional. Entonces, yo no puedo desarrollar una tecnología con mi grupo de tres estudiantes, contra un grupo de investigación en Alemania que tiene cien veces los recursos. Hay pequeños esfuerzos individuales. Son esfuerzos aislados pero no sé si a la larga tengan impacto en el mercado nacional, o en la industria nacional, porque muchas de las industrias son transnacionales. Sobre todo en el desarrollo de tecnología, de fármacos, sobre todo en el desarrollo de industria automotriz. La industria aeronáutica, pues, decimos que se está impulsando pero en realidad no hay desarrollo. Es pura manufactura. La planta Ford es una planta maquiladora, manufacturera. Cuando llegó recién la Ford a Hermosillo. “Nuestro trabajo es hacer carros, cualquier cosa de investigación la vamos a hacer en Estados Unidos”.

3. ¿Qué opinas del estado en el que se encuentra la innovación tecnológica en el sector en el estado de Sonora?

Pues, sí hay un esfuerzo, pero otra vez sigue siendo sector privado, y básicamente es contratar mano de obra local. El desarrollo fuerte lo hacen en otro lado. No hay así toda una tecnología que se esté haciendo desde cero. No hay desarrollo que pueda competir a nivel internacional. No vemos a empresas como Motorola, como IBM. Esas las veo por ejemplo en Jalisco, o en Guadalajara, o en León. Lo que antes hacían en la India lo hacían aquí. Es como una maquiladora que hace ropa, y los empleados, pues nomás cortan, cosen y empaquetan. En el outsourcing de desarrollo de software. Pues no la van a crear. Pero muy pocos. Generalmente se van a ir brincado a una empresa, a otra empresa, hasta terminar en Estados Unidos.

4. ¿Consideras que esta situación podría mejorarse? ¿Sí? ¿No? ¿Cómo?

La única manera de mejorar es una política de estado, que sea transexenal y que no sea usada con fines políticos. Han sido esfuerzos un poco independientes buscando el apoyo del gobierno federal, si el gobierno mexicano apoyó para la creación de ese centro, por otro lado, canceló todos los esfuerzos que había para que México desarrollara su propio satélite. Un país, no puedes dejar que compañías extranjeras manipulen tu infraestructura de telecomunicaciones. Ahora ya cambiaron de opinión, como país estamos perdiendo la soberanía, vemos cómo en otros países que sí cuidan un poco más su soberanía introdujeron el software libre. Si Microsoft decide cambiar el formato de los archivos de datos, ese país está vulnerable a que hagan y deshagan, o bloqueen su desarrollo. Como país tú no puedes estar abierto a que otra... no tienes soberanía, simplemente si todo lo estás subarrendando, si todo lo estás subcontratado. Lo que tratan es de hacer grandes obras porque ahí hay ciertos intereses o conflicto de intereses. No les interesa un futuro, les interesa el poder. Porque esa es la política que va desarrollando. ¿Un político en qué se ha convertido? En un gestor de recursos.

5. Cuéntanos tu experiencia personal en materia de innovación. ¿Has participado o visto de cerca el desarrollo de un producto innovador? ¿Cómo fue? ¿Qué obstáculos se presentaron?

De las oportunidades que he tenido, creo que la más relevante ha sido cuando participamos aquí en la universidad con el proyecto de nuevas tecnologías, donde el objetivo era desarrollo de habilidades de nuevas tecnologías en los estudiantes independientemente de cuál fuera su formación. Presentando retos de cómo transferir y cómo facilitar el desarrollo de habilidades en los estudiantes. Y en la parte tecnológica pues el poder desarrollar plataformas educativas con sus materiales en línea. Estuvimos experimentando ahí, pudimos construir las primeras granjas de servidores aquí en la universidad. Fue proyecto institucional. Había cerca de 8 mil estudiantes haciendo sus actividades en línea. El obstáculo fuerte siempre va a ser que uno está haciendo las cosas fuera de lo común, siempre está remando río arriba. ¿Y por qué está remando río arriba? Si no vas a usar Microsoft, no te metas. Siempre ha sido las cosas funcionan desde la oscuridad. Ven conmigo. No te voy a decir ni lo voy a poner en ningún lado. ¿Por qué en tu casa era más fácil conectar tu computadora que en la universidad? Llegas a clase y no funciona la red, y preguntas y preguntas, nadie sabe nada. Y bueno, por qué los cambios son a las 11:00 de la mañana. Resultó que realmente los técnicos lo único que sabían hacer era comprar equipo, no sabían programar.

6. ¿Cuáles consideras que son las empresas más innovadoras del sector en Sonora?

(silencio prolongado)

Es que son empresas pequeñas, conozco a los profesores que están involucrados. Por ejemplo, hay un profesor en la ECA, Ramón Soto de la Cruz. Es el responsable de la licenciatura de informática administrativa. El día de hoy hacen aplicación de inteligencia artificial en negocios. Son desarrollos propios, son desarrollos innovadores. Esa es una. Y por ahí andan todavía. Hay otra que, no sé si conoces a Dino Alejandro Pardo, ha tenido toda una historia. Ahora andan desarrollando un software para la enseñanza de matemáticas. El programa se llama, tiene un nombre, pero es para apoyar la enseñanza de las matemáticas. Y, ah, pues, Caffenio, muchos de los proyectos de TI que ha desarrollado Caffenio, pues, yo lo siento que es innovador. El concepto generalizado era que hacías tu empresa de software, pero sin una, como te diré, sin ningún, simplemente entras al promedio. Tu empresa iba a andar dando servicio a las computadoras, o

andar cambiando redes. Pensando en el futuro, en el crecimiento, en ganar un mercado, pues, limpiando computadoras o cambiando redes o haciendo nóminas, no digo que no sea importante, pero pues es hacer más de lo mismo. En México tampoco había Licenciatura en Ciencias de la Computación. La idea es concentrar las computadoras en un centro porque necesitaban un ambiente super especial. Cuando aparecieron las computadoras portátiles. No había líneas en el nuevo desarrollo urbano. En el momento en el que llegaron los teléfonos móviles, ya, eso desapareció. No necesitas una línea en tu casa. En mi casa no había teléfono. Había teléfono con la vecina. Y entonces a veces te llamaban e ibas con la vecina. Pero las tecnologías van irrumpiendo. Los móviles irrumpieron con esto de tener que esperar una llamada. Lo mismo que pasó ahora con los Uber. Y van a desaparecer los Uber. No tardan en que tú llames al servicio, llegue un carro que se maneja solo, llegue por ti, y el que sigue. Todos los avances de aprendizaje máquina. Son grandes áreas de oportunidad para el desarrollo tecnológico que no lo podemos hacer porque no estamos formando gente.

7. ¿Qué actores (academia, empresa, gobierno) clave podrías mencionar o consideras que están haciendo algo que vale la pena para mejorar las condiciones del desempeño del SRI?

Pues te mencioné a Ramón Soto de la Cruz, de la ECA. Lo que pasa es que conozco puros de la academia. Es que el gobierno no tiene memoria. Son muy pasajeros. Porque incluso en el sexenio anterior hubo la oficina de innovación gubernamental, el nombre lo tenía, ¿no? al principio tenía muchos planes, estaba Paz, Marco Paz. Y hasta ahí, nomás, pero realmente que fuera una oficina de innovación no lo fue. Aquí no hay una secretaría. De hecho si lees el documento del Foro Consultivo Sonora no aparece o está en el último lugar. (Sonora) está bien en educación porque los sistemas educativos son más resilientes a los cambios transexenales, si tú quieres hacer algo involucras a la academia, porque la academia no cambia cada seis años. No queda. No hay plan ni hay Ley. No hay una Ley. Tú puedes declarar pero, tú tienes que organizar a la gente, motivar a la gente. Yo alguna vez estuve leyendo sobre los polos de desarrollo de innovación, entonces había muchas estrategias. Si vas a Monterrey ves el Centro de Innovación Tecnológica, donde estás las universidades, ves algunas empresas. Aquí en Sonora pues está el centro de desarrollo de software en Obregón, pues sí hay no sé que tantas empresas, pero aquí en Hermosillo no lo hay. Se hizo una ciudad del conocimiento a un lado del Tec de Monterrey, yendo a Nogales, ahí están unos edificios, y es sobre innovación educativa, pero pues no sé si va a perdurar ese proyecto. Pero en cuanto a tecnología, pero, también, lo de Prosoft es muy aleatorio. No existió. Son recursos a los que puedes aspirar pero el mismo gobierno los ve como recursos perdidos, y los que aplican los ven como recursos ganados, porque no tengo compromiso a nada, no hay... me voy a poner religioso. Si quieres acabar con la pobreza no le des dinero a una persona, enséñale a hacer algo. Los apoyos gubernamentales son nomás para, apoyamos, innovamos. ¿Y cuál es el impacto? No hay impacto. Muchos son fondos perdidos. Nomás es para aparentar que se está haciendo, pero en el fondo no hay compromiso. Y eso es una historia que se repite en muchos sectores. Podrías contrastar cómo es que en otros países sí ha tenido éxito lo de los programas de innovación. En los países nórdicos debe de haber ejemplos donde el gobierno tiene una política de innovación. En el caso de México, pues vemos que Jalisco tiene una política de innovación. Hay continuidad. Jalisco tiene bien claro qué quiere hacer. Si tienes una política clara, las empresas van a llegar. Pero entonces aquí en Sonora, hay algo que le facilite a las empresas, atraerlas. En el caso de Hermosillo sigue sin haber un parque tecnológico. En Obregón, pues, ahí se ha mantenido, pero no sé que tanto va a durar. Debe de haber unos dueños del proyecto. Te puedo recomendar a José Jesús Nava. Él fue mi

estudiante. Ahorita estamos tratando de hacer una maestría en ciencia de datos. Podrías hablar con Armando Ayala. Está aquí en física. Es el coordinador de la Licenciatura. Él trabaja en robótica y energía. También tiene una visión sobre desarrollo tecnológico. Estuvo trabajando en la UVM como coordinador de Mecatrónica.

8. ¿Sostienes comunicación por correo electrónico con tus *peers*? ¿Con qué frecuencia? ¿Qué tipo de comunicación entra en este intercambio?

¿Con mi pares? Generalmente estamos en contacto, buscando proyectos, buscando cosas que hacer. Sí (existe y existe con frecuencia). Lo que uno no sabe se apoya en las otras personas. El conocimiento no reside en la persona, reside en tu red. ¿Sí has leído el conectivismo? Ya no tienes que saber todo, te asocias con otras personas en trabajo colaborativo. Rizoma le llaman ellos. Nosotros estamos en la misma red, sólo que nos conectamos cuando tenemos la necesidad.

9. ¿Qué tipo de ambientes te parecen más propicios para colaborar? ¿Cuáles te parece que propician, o inhiben la conversación?

La mayor parte de los ambientes son no formales. Porque los ambientes no formales no surgen de forma natural. Siempre tendemos hacer nuestras redes y no es por un dictado. Es en base a intereses comunes.

10. ¿Eres averso al riesgo?

No. Creo que no. De hecho, no voy a decir que me gusta el riesgo, pero sí he trabajado mucho con incertidumbre, hay personas que no aceptan trabajar con grados de incertidumbre. Cuando uno está trabajando con posibilidades, riesgos tendrás que manejarlos, incertidumbres tendrás que aprender a manipularlas. Es algo natural. Cuando tratas de innovar tienes que tener eso en cuenta. Evalúas. Es exploratorio. Si no exploras, si te detiene el confort, nunca vas a innovar. No es que me guste (el riesgo), tienes que saber manejarlo, tienes que saber gestionarlo. En mi experiencia yo digo, no importa qué estudiaste, porque después todo se junta. Las cosas las vas a tener que aprender. Conforme pase el tiempo los problemas que te gustaría resolver son problemas de mayor complejidad. Tienes que re capacitarte. Tienes que desarrollar nuevas habilidades para adaptarte. Las cosas cambian. Si te casaste con el Cobol, pues, se te acabaron los trabajos. Todos tus libros técnicos. El conocimiento va pereciendo. Ya no es conocimiento absoluto. Es dinámico, cambiante. Todo está entrelazado, y tienes que aprender a trabajar en esos entornos. Es que es un estado muy conservador. Hermosillo siempre lo toman para promociones de mercado nuevo. De las primeras ciudades donde entró Internet fue Hermosillo. Es como si lo aceptan los de Hermosillo ya lo aceptaron los demás. Porque es una cultura muy regionalista. Cuando hay plazas nuevas, no, tiene que ser mexicano. Y si es de Hermosillo mejor.

11. ¿Podrías elaborar sobre los problemas específicos en materia de innovación que enfrenta el sector en el estado, y aún más específicamente, en tu empresa, escuela, institución?

Otra vez, cuando hablas de innovación, vas a hablar de riesgos, vas a hablar de explorar, vas a hablar de invertir. Eso no es innovar. Cuando tú le propones a una empresa, oye, tratemos de innovar, donde no me preguntes cuándo vas a tener el retorno de inversión. Google, un empleado,

si ya terminó sus actividades de compromiso de esa semana, la empresa lo deja que trabaje, y entonces van a salir muchos productos nuevos. Pero hay empresas que no están dispuestas a invertir, porque lo ven como un riesgo. Eso yo lo he notado. Ahí en la empresa donde estoy. Porque ha ido creciendo, sí crece rápido, pero crece en tecnologías estándar, y yo me fijo cómo batallan en conseguir programadores en Python, Java hay poquitos a pesar de que Java es un lenguaje más establecido. Y ahora, pues simplemente un poco con Android y con iOS. Yo he tratado de impulsar, osea ya dejé de hacer propuestas. Siempre estoy tratando de hacer propuestas, y bueno, si hay interlocutor lo hago.

12. ¿Cómo describirías tu estilo de trabajo en términos de cooperación con tus *peers*? ¿Sostienes contacto a menudo con ellos en espacios públicos?

Yo sí noto los profesores que no salieron nunca de Hermosillo, son muy reacios a colaborar con otros profesores. Hay otra dinámica de colaboración, y en base a esas redes opera. No existe el investigador aislado. Y esa cultura de apertura, esa cultura de colaboración la logras en base a tus experiencias personales, si nunca desarrollaste esa experiencia de colaboración. Sus pláticas son superficiales, pero vas a encontrar otros profesores que siempre están hablando entre ellas. Las de operación son las redes reales con tus otros colegas. Qué organizas para tratar de atraer estudiantes. Yo lo que sí sé es que no es. Yo estudié en la UNAM, y trabajo con gente de la UNAM. Yo considero que la Unison es muy conservadora. Tú lo notas también en cuanto a los estudiantes. Los maestros no nos adaptamos a cómo cambian los estudiantes. Cuántas historias hay de profesores que siempre dieron la misma clase, con el mismo cuaderno. Así se vivía antes, y así se quedaron. La madurez o las experiencias son las que te forman.

13. ¿Crees que la falta de cooperación científica y tecnológica entre pares pueda estar afectando el desarrollo de la innovación en el estado? Opcional: ¿Es un factor cultural?

Esa es la forma en que se ha trabajado porque no hay una política constante. Una política resiliente. Y las únicas organizaciones que son resilientes a veces son las académicas. Osea viene la transición, cortan cabezas. No hay continuidad, yo lo noto en la parte de meteorología, se compran 10 mil estaciones. Se robaron, las usaron de tiro al blanco. Si recordamos cuando fue el fin de sexenio de Salinas de Gortari, entonces lo que hicieron es, a las universidades llegaron las antenas de satélite y los servidores, entonces nomás alcanzaron a instalar las antenas, pero no configuraron los servidores. ¿Por qué un programa de Naciones Unidas, la UNESCO han tenido efecto? Porque no dependen de la política sexenal, son independientes. Cada tres años o cada seis años inventan los nuevos planes de desarrollo, y nunca se mide el impacto.

14. ¿Podrías mencionar algunos espacios/eventos de convivencia entre *peers* que se realicen periódicamente en el sector? ¿A cuáles de ellos has asistido o planeas asistir? Si a ninguno, ¿por qué razón?

Asisto a veces a reuniones, bueno, asistía a reuniones donde los temas eran cómo se incorporaban las TICS a la educación. Muchos eventos son muy especializados, son muy caros. Si uno trata de asistir a eventos son muy caros. Sí hay comunidades internacionales donde siguen un proyecto, pero como son destinados a las industrias. Si la empresa en la que trabajas no tiene política de viáticos pues no vas.

15. Algunos expertos opinan que las actividades interpretativas que se dan en estos espacios son muy importantes, ¿qué opinas?

Ahora que recuerdo sí hay eventos que organizan en las universidades, ¿no? Me ha tocado ir a dar una conferencia o algún taller, esos eventos yo los veo positivos, porque pueden acercarse a conocer digamos, las actividades del mundo real, o cómo pueden aplicar sus conocimientos, o en qué dirección seguirse formando. Los programas de las universidades no son dinámicos, son muy conservadoras, cambian muy despacito. Si estamos en el área de las Tecnologías de la Información, las tendencias y el volumen de conocimiento cambian muy rápido. Tendrías que cambiar la forma, pero como las cosas cambian todos los días, realmente lo que tenemos que enseñarle a un estudiante, en vez de nos vamos a repetir este libro.

16. ¿Tres materias clave de tu carrera?

Tres materias, ah, de las materias que estudié en Arizona, fue una de sistemas dinámicos, era modelación matemática de problemas, los cursos de análisis numéricos, y el estudio de fenómenos no lineales. Cuando haces esa conexión de lo que estás aprendiendo lo estás viendo en el exterior, en el mundo y en la naturaleza. Siempre que llenabas la solicitud de Conacyt, te preguntaba qué problemas nacionales vas a resolver. Siempre me preguntaba para qué sirve un físico. ¿Qué puedo hacer en corto plazo para cambiar algo?

17. ¿Puedes citar a tus tres mejores maestros?

Uno se llamaba Thomas B, era un suizo, sobreviviente de la segunda guerra mundial. Trabajé cuando estaba en la UNAM con él, y me abrió los ojos hacia las áreas de fenómenos no lineales. Él empezó a trabajar de traductor de libros de filosofía, sabía mucho de filosofía, tuvo impacto en mi en la parte de computación. Y en la parte de matemáticas, mi profesor, que se llama Alan M. encontrarle sentido a lo que estabas viendo. Ese sería un segundo profesor. Y otro profesor de la licenciatura, que era físico, muy informal, pero te hacía reflexionar, te cuestionaba. Aprendí todo lo del pensamiento crítico.

18. ¿Cultiva algún tipo de cooperación científica o técnica con tus *peers*? ¿De qué tipo? ¿Con qué frecuencia? ¿Puedes citar un ejemplo? (paper, laboratorio, asesoría, asistencia, coaching, materiales, información importante para la industria)

La red académica que trabajo es la climatología, lo que hemos estado haciendo los últimos cinco años es un evento. Hay un área por ejemplo que se llama meteorología basada en GPS's, podemos analizar la señal de una antena, donde ven los satélites, y dependiendo qué tan distorsionada esté la posición. Sobre todo el problema principal que estudiamos es el monsoon mexicano, que son las lluvias de verano en el noroeste de México. Tratar de entender ese fenómeno tratando de utilizar nuevas tecnologías, y la mejora de modelos de intercambio de energía o de calor. Para tratar de entender los fenómenos.

19. ¿Te interesa innovar? ¿A tu empresa (institución, escuela) le interesa innovar? ¿En qué nivel dentro de la escala de innovación crees que se ubica (imitación, incremental, disruptiva)? ¿Es individual o colaborativa?

La empresa en la que estoy trabajando es muy sistemática. No hay posibilidades de innovación. No interesa porque su dinámica que le ha funcionado son proyectos de corto y mediano plazo, y son muy puntuales, hay que desarrollar este producto, que lo está pidiendo un cliente. En la universidad tienes tus obligaciones, pero en cuanto a tu obligación de hacer trabajo científico tienes la libertad de hacer, siempre y cuando consigas tus recursos. Pero ahí hay más oportunidad de innovar, siempre y cuando te interese innovar. Cumpló con lo que tengo que cumplir, y no pasa nada. O aprovecho la oportunidad de hacer algo, y buscar que sea un producto que pueda cambiar las cosas. La ciencia en México se puede fortalecer. A la universidad le va y le viene, pero te da la libertad.

20. ¿Te consideras una persona curiosa?

Creo que sí. Es que se supone que los sistemas de educación formal tratan de matar tu curiosidad. Es difícil, te cuesta trabajo mantener tu curiosidad viva. Siempre vas a estar observando y preguntando. Tienes que ser curioso. Cualquier ciencia, sea natural, sea social. Sí, porque, por ejemplo si nos vamos a innovación, y ves todos los casos de éxito, en cuestiones de tecnología, qué fenómeno se está dando actualmente, la disrupción del sistema educativo, o estudiantes que están saliéndose de las universidades para poner su propia empresa. Puedes ver muchos jóvenes, incluso a nivel de 18 o menos que ya está trabajando en proyectos específicos. Todos esos productos tecnológicos han sido proyectos que se salen del sistema educativo. Pero te hizo daño. Porque nunca te empujó, nunca te retó. Y uno como profesor puede hacer eso. Que reten al estudiante. Y al final ni siquiera calificación tiene sentido. Esta persona desarrolló habilidades, sí o no. Yo te puedo orientar cuando estés perdido. Mi curso es física computacional. No hay temario, vamos a desarrollar habilidades, puedes consultar todos los recursos que existen en Internet. Es una experiencia simulada de la vida real.

Anexo 5

Entrevista a Marco Gaxiola. División de autos autónomos y eléctricos de planta Ford (Michigan, SF)

1. Vamos a platicar un poco sobre innovación. ¿Me podrías platicar un poco sobre cómo concibes el tema? ¿Qué es la innovación para ti?

Ser creativo es poder resolver problemas y crear cosas con lo que tienes. No sé, se te descompuso algo y con unos palitos de madera lo resuelves. La creatividad es algo fundamental para crear innovación. A partir de lo ya creado o que ya existe pero aplicado al sector comercial. Un ejemplo típico es si te pones a jugar con el lego, pero pues la verdad ahí puedes demostrar mucha creatividad pero aplicado a innovación yo lo veo más aplicado a resolver problemas reales, es algo que se va a vender, que se va a consumir por la gente, también están muchas innovaciones que son medicinales, aeroespaciales, en nuevos procesos.

2. ¿Consideras que existen ingredientes necesarios para que aparezca la innovación? ¿Cuáles son estos? ¿Podrías señalarlos en términos de Academia-Gobierno-Empresa?

Los ingredientes necesarios para la innovación. Para empezar, simplemente te lo voy a resumir así. Digo, no voy a descartar ni voy a echar por tierra. Con lo que me toca ver, con lo que ando metido personalmente, al menos en Sonora no hay nada, no hay absolutamente nada, estamos en cero, no hay innovación en la parte que yo estoy. Sobre los ingredientes sí hay algunos. Potencialmente se encuentran. Hay talento de muchos estudiantes que me ha tocado conocer. Hablando de gente joven, principalmente universitarios. Hay mucho talento. Yo creo que ese sería el único factor. El único ingrediente que está potencialmente ahí. El otro factor. El gobierno no. Yo te puedo decir que por parte del gobierno es puro chacoteo, es puro bluff. Sea el gobierno que sea. No se me viene a la mente algo realmente relevante. No hay nada, ellos no, si no hay reflectores, si no hay lana de por medio, si no hay forma de colar a sus conocidos, gente. En este nuevo gobierno hay muchas trácalas, el precio que él diga es lo que se va a hacer. Y bueno, el tercero que es la parte empresarial, existe. Es muy muy selecto. Llegaron emocionadísimos, les tocó andar en Google, andar en Tesla. El problema, y es el gran problema que yo me he topado es que los empresarios son ignorantes en cuanto a tecnología, especialmente en Sonora, le tienen pavor a invertirle, pero que si pega ese 10% les va a retribuir 50 o 500 veces más que todos los negocios. Nunca llegué al nivel de los empresarios buenos de Sonora que quieren hacer algo y lo hacen porque tienen el capital. El empresario si tú le planteas un plan de negocios bonito y es una farmacia, una tortillería, les va a anecantar, pero ponle un proyecto de invertir para crear un nuevo tipo de batería, o hacer un desarrollo de una aplicación móvil, se quedan en las nubes. Del cero al 100% sería el .2, el .5. Hay mucho mejor entorno en Guadalajara. Y no sé como andan las demás

ciudades, Monterrey. Entonces esos tres ejes, lo que estoy viendo es que, ahora tocando la parte académica pues están generando títulos, realmente los talentos es porque ellos lo están sacando, como es mérito propio pues se van, porque no tienen lugar aquí, no tienen espacio. Las cosas que ellos quieren hacer, no les llena, no hay nada.

3. ¿Qué opinas del estado en el que se encuentra la innovación tecnológica en el sector en el estado de Sonora?

Sé que están desarrollando cosas. De la única industria que puedo hablar bien de Sonora, que está generando cosas, está en las TIC. Me da un poco de aguite decirlo, pero India nos llevó por lejos hace diez o quince años, al menos un empresario sabe que lo puede intentar hacer con gente de aquí, y eso es un gran avance, no sucede con el hardware, no hay empresas y los empresarios tampoco saben, pero en el software es diferente. En Sonora se desató un poco eso, no están organizados. En la cuestión renovable, de energía, limpia, ahí te puedo decir que no estamos haciendo nada. Si es cuestión de desarrollar proyectos renovables, están atorados, porque el gobierno no sabe qué hacer. Eso que te acabo de decir es comprar, instalar y arrancar y ponerlo en funcionamiento. Si ni siquiera los estamos instalando como quieres que innovemos y que hagamos cosas nuevas. Por eso es que en el software sí hay. Toda esa gente que sale de esos lugares, ellos están viendo aplicaciones que están haciendo allá en Oracle, en Alemania, los chinos, y entonces es donde salen las ideas. No puedes tener innovación si no tienes el ecosistema. Quieren hacer estaciones de recarga, no saben ni qué es, no saben nada. Está bien la intención y la idea, pero no puedes crear nuevas cosas si no tienes todos los elementos. Ya lo desarrollaron en otras ciudades, en otros países.

4. ¿Consideras que esta situación podría mejorarse? ¿Sí? ¿No? ¿Cómo?

La cuestión de cómo es civilizada la sociedad es muy diferente. El carpool es un carril que es exclusivamente para autos que lleva dos o más personas. Y está el embotellamiento, y nomás que esas personas usan esos carriles. Y yo cuando manejo mi carro de gasolina no puedo porque me van a multar. Tú crees que eso pasaría en México, los hermosillenses respetarían ese carpool. En una de las casas que he estado yendo para hacer uno de los proyectos llegó un jardinero y dejó su herramienta ahí, y tres días después ahí estaba. En el teléfono tengo una aplicación que cuando me pagan con cheque, aquí hago el depósito. Y en una empresa en México, no, pero no puede ser. Esa cuestión de honestidad, simplemente educación. En México los estudiantes, nos preocupamos por la escuela en que están, pero no estamos viendo hacia afuera, el entorno mundial de cómo están en otros lugares. Con educación se resolvería todo, si la gente fuera educada y culta. Que pasó con la administración pasada. Metieron gente común y corriente, más corriente que común, haz de cuenta que metieron gente de todos lados. Que pasó, si esa persona estaba acostumbrada a ese tipo de cosas. Las hacemos todos los mexicanos y nos quejamos de los políticos. En lugar de darle 20 pesos le estaba dando millones, ese el problema como mexicanos que tenemos. Tendría que ganar

Donald Trump para que construyan ese muro, nos manden a la goma, y tengamos que rascarnos con sus propias uñas. En ese momento tendríamos que decir por eso estamos como estamos.

5. Cuéntanos tu experiencia personal en materia de innovación. ¿Has participado o visto de cerca el desarrollo de un producto innovador? ¿Cómo fue? ¿Qué obstáculos se presentaron?

Mi principal punto de referencia fue cuando fundé la empresa Futuro Inteligente. Vamos a hacerlo, vamos a desarrollar nosotros ese producto. Y empezamos a desarrollar un laboratorio de diseño. De hecho por ahí salió una patente. Quedó casi casi para finalizarse. Y prácticamente nos convertimos en un bufete de ingeniería, y generar todo el know how, especificar la idea del cliente, traducir los requerimientos, de manera que con nosotros podía llegar un cliente y nos pedía fabricar una tarjetita, se crearon cosas de la nada, me tocó recorrer todo ese camino. Primer punto, es que la gente o el talento no existe, ninguna universidad te crea un estudiante, todos los estudiantes de ingeniería salen con la mentalidad de poner una empresa de computadoras. Estoy generalizando, sí lo hacen, sí hay, no llegan.

Otro de los obstáculos es que llegaba un cliente, y pedía la fabricación de un cliente, el programa nos va a llevar 6 meses, la gente no entiende que es muy difícil, diseñar o innovar es lo más costoso de todo el proceso económico de un producto. En el software ya se sabe, pero diseño de hardware olvídase, es muy difícil, sin embargo se llegaron a tener algunos éxitos. Es bien padre, pero es muy, muy difícil. Tienes que tener el ecosistema, la gente, los clientes y obviamente ese entorno, y eso en Sonora no existe. De la industria aeroespacial, olvídase, no tengo idea qué van a diseñar, en la cuestión de biotecnología médica, de cosas. Y en la otra línea que es TIC ahí sí hay, de hecho ha sido conocido los muchachos creadores de apps, de los baches, fue algo innovador. Está fácil, es accesible.

6. ¿Cuáles consideras que son las empresas más innovadoras del sector en Sonora?

Está MedPro, la empresa de José Antonio Pacheco. Él fundó Teknol, pero creo que no le funcionó, le jugaron chueco. Fundó Verstand, cuestiones que un agricultor es muy difícil que pueda detectar, y lo está haciendo con drones. Y creo que él es uno de los que está patrocinado por la aceleradora de Cinepolis. MedPro es algo de dispositivos médicos para wearables. Supe de otro muchacho del ITH que había desarrollado una aplicación para música. Wavestack, el fue incubado en Nearsoft, ahí con Roberto Martínez. Es como un sitio de música pero open source. Mira, yo me he desconectado mucho de todo esto allá en Hermosillo. Te voy a decir algo que me tocó vivir en el 2014, asesoré yo a una empresa del Conacyt, una empresa que resultó ganadora, en las reuniones técnicas, oye y la empresa cómo le va a hacer, oye no nos puedes ayudar, total terminé siendo el asesor de toda la empresa. Había una gran ineptitud. No tenían idea, pero sabes por qué lo hicieron. Porque querían bajar la lana. La empresa no gastó ni un cinco. Y lo peor de todo es que el 70 o el 80% de las empresas del Conacyt que están bajando fondos, he sabido de empresas que se han

creado desde la nada, subieron el proyecto y bajaron tanta lana que así lo hicieron. Todos los mexicanos tenemos esa cultura arraigada, mil pa ti, mil pa mi, y mil para contratar al chino. La mayoría de las empresas que están bajando fondos, vete a las convocatorias y vas a ver Ford Motor Company, 20 mdp, esas empresas no necesitan ese dinero, al contrario, ellos tendrían que estar obligados a invertir en innovación. Hay proyectos muy buenos que no consiguen los fondos que porque no puso todas las fórmulas técnicas para poder hacer eso, pero pues no se puede poner todo el *know how*. Pero en cambio, tres proyectos estúpidos sí pasan, y los mismos del Conacyt lo saben, los mismos del INADEP lo saben, ya traen machotes hechos, y se dan casos en que dicen, yo te voy a ayudar porque al evaluador lo conozco, etcétera.

7. ¿Qué actores (academia, empresa, gobierno) clave podrías mencionar o consideras que están haciendo algo que vale la pena para mejorar las condiciones del desempeño del SRI?

Te recomendaría hablar con Pacheco, te recomendaría David Cabrera, él tiene una empresa comercializadora. Es una persona muy instruída, lee muchos libros, anda muy ocupado con su negocio. Lizeth Salcedo, la que estuvo en fomento económico, Aron Castro Garzúa, él es un amigo que también como yo es un emprendedor, no ha quitado el dedo del renglón, anda un poquito metido con la intención de poder sensibilizar. Por lo que veo con todo lo que publica está muy metido en las TI, se llama Rafael Alatorre. Héctor, él fundó la ASPTICS, la Asociación Sonorense de profesionistas de las Tecnologías de la Información.

8. ¿Sostienes comunicación por correo electrónico con tus *peers*? ¿Con qué frecuencia? ¿Qué tipo de comunicación entra en este intercambio?

Sí, ando continuamente en comunicación con toda esa gente. Por correo electrónico, ahora más por teléfono. Por facebook. Muchos dicen que es una pérdida de tiempo. Por ahí es donde más me he contactado y me he relacionado con personas fuera de México. Pierdo horas y horas. Me ha tocado ver cuando estoy detrás de alguien y digo que hueva, sí osea. Sí, mantengo una comunicación casi que a diario, por Whatsapp, por correo, por teléfono. Estoy en varios grupos asociaciones de autos eléctricos. Hay mucho contacto. De todo, cosas técnicas, trendings, marketing, nuevos productos, cuestiones técnicas, reuniones informativas.

9. ¿Qué tipo de ambientes te parecen más propicios para colaborar? ¿Cuáles te parece que propician, o inhiben la conversación?

Un ambiente profesional. Sabes cuál es la clave que necesitamos, es ser competitivos. No nos preocupa lo que está haciendo China, nos vale queso lo que están haciendo en Alemania. A lo mejor aquí no se están desarrollando aviones, pero sí se hiciera. En China lo que pasó hace 30 años es que empezaron a maquilarle al mundo. Empezaron a hacer R&D. En México cuántos años tenemos maquilandole al mundo, bueno, a Estados Unidos. ¿Cuántos desarrollos se han hecho en Ford que se estén aplicando en el auto?

Hubo una conferencia e invitaron al presidente de la asociación de fabricantes de autos de México, yo lo abordé después y le pregunté qué están haciendo en materia de innovación y desarrollo, porque yo veo que nomás se maquila, y dijo que aquí en México no somos maquiladora, tenemos un centro de diseño. Lo único que se diseña en México son las estaciones de producción, las líneas de la producción. Cuando llegaron las de Fusion, me tocó verlas y eran alemanas. Kia Motors llegó con todo hecho ya, llegó con la fábrica. No emplearon a mexicanos. Porque maquilando, porque el mexicano no ve más, no vemos más. Hace muchos años cuando estuve colaborando con la UTH, sí sabes que genera TSU, a mi me invitaron, me platicaron que venía de un programa francés, la diferencia es que los TSU allá en Francia son técnicos, los técnicos allá son los ingenieros aquí, que es lo que hacen los ingenieros egresados aquí, para hacer toda la cuestión industrial, y es lo que hacen los ingenieros aquí, y los ingenieros egresados allá hacen ingeniería. Es un círculo vicioso. Es un ecosistema. Hicimos hace como tres o cuatro años, vino Microchip Technology, es gigantesca, ha crecido millones, sus headquarters están en Phoenix, y ocurreseme, venían a visitarnos a nuestra empresa, y era cuando un grupo de empresarios de la región llegaron súper alborotados de Silicon Valley, a ver empresarios vénganse, quieren hacer algo innovador, esta empresa viene para acá a ver qué estamos haciendo, pero les voy a lanzar el tiro de que se vengán a iniciar una unidad de desarrollo tecnológico a Sonora. De manera que la idea era poder formar un cluster de innovación donde se captaran ingenieros de las universidades, se metieran a esa organización y empezaran a desarrollar tecnología. La reunión fue un fracaso, no entendían ni qué hacía la empresa, los de la empresa, pero pues ahí quedó. ¿Qué hubiera seguido? ¿De dónde sacas ingenieros? ¿Cómo los capacitas? ¿No hay maestros? Los planes de estudio tardan años en poderse cambiar. Ese es el ecosistema que tiene que existir. No es nomás que un empresario con billetes lo logre.

La última vez que fui a Nearsoft tenían gente de Eslovaquia, tenían gente de Argentina... ¿Por qué? Los mejores talentos los tienen ahí. Esa es la cuestión de por qué no se pueden dar muchas cosas aquí. Hay un libro que leí, que te lo recomiendo, aunque ya está pasado de moda. Basta de historias. También está Cuentos Chinos, de Andrés Openheimer. Él entrevista a Bill Gates y le pregunta, ¿tú crees que en Latinoamérica puede haber un Bill Gates? No. Hay mucho talento. Sí, pero no existe el ecosistema. Mira, le dice, yo en la preparatoria tuve la oportunidad, había una super computadora que ocupaba toda la habitación, y yo me la pasaba. Y eso no lo tienen en Latinoamérica, eso no existe allá. Cuando yo anduve en el ITH anduvimos batallando como locos por patrocinios. No las puedes hacer en México, no puedes hacer una empresa de fabricar cohetes, porque no existen. La verdad se la jugó muy buena. Nadie lo ha hecho. Detonar una nueva industria donde no hay el ecosistema para que se desarrolle es muy difícil.

Habemos muchísimos mexicanos que estamos luchando todos los días porque esas cosas sucedan. A mi personalmente se me abrió el mundo cuando descubrí lo de los carros eléctricos. Eso no lo hubiera logrado si no tuviera acceso a internet, y si no hubiera hecho buen uso de ello. ¿Qué opinas de darles computadoras y tablets a los niños de primaria? Están haciendo niños idiotas, pegados al

YouTube, al Facebook. No sé si conociste la historia de Enciclomedia. Su producto era excelentísimo. Estás creando gente inculta que no tiene educación porque va a aprender primero a encontrar videos de Julión que contactar a un investigador que está trabajando en aviones solares. Es un gran reto. Hay mucho potencial en México.

(Respuesta editada por cuestiones de espacio, el entrevistado pide omitir comentario personal).

10. ¿Eres averso al riesgo?

Te lo puedo ejemplificar. Simplemente de estar aquí y mi familia estar allá. Nos están lloviendo peticiones. Sí. He arriesgado muchas cosas por querer lograr esto. Mi esposa me está apoyando totalmente a mi, sacrificando sus propios talentos y sus propias capacidades. Riesgo profesional, de mi carrera. Dejé, y antes de iniciar con mi última empresa, dejé sueldo, seguro, carro, gasolina, prestaciones, ser jefe, dueño de la empresa, por empezar el otro proyecto de ingeniería, y me pudo, y mal vendí mis acciones, y empezamos desde cero, y batallamos. En una escala, me pondría en un 5, en un 6. Sí he tomado riesgos pero son muy medidos, primero, tengo familia allá. Conozco amigos que con 500 dólares en la mochila se han ido.

11. ¿Podrías elaborar sobre los problemas específicos en materia de innovación que enfrenta el sector en el estado, y aún más específicamente, en tu empresa, escuela, institución?

El problema de las energías renovables en México en general, e incluye Sonora, es que la Reforma Energética está tronada. Hay un mundo de proyectos, todos están atorados por las políticas energéticas, el gobierno no ha soltado la batuta para que se logren hacer esos proyectos. Es por la cuestión legal. Lo que es Energy EV es un modelo de negocio un poco complejo porque vendemos piezas, vendemos partes para convertir algo, la gente que lo compra no puede hacer nada si no tiene cierto conocimiento. Ninguna de las piezas que vendemos se fabrican en México. Hay aranceles. Y segundo la capacidad adquisitiva del cliente, si tú quieres comprarnos un sistema completo estamos hablando de 60 a 200 mil pesos. Podrá haber miles de gentes queriendo hacer su auto eléctrico, pero no pueden desembolsar esa cantidad.

12. ¿Cómo describirías tu estilo de trabajo en términos de cooperación con tus *peers*? ¿Sostienes contacto a menudo con ellos en espacios públicos?

Lo que pasa que esa pregunta toca mucho la cuestión de tu experiencia de vida o cómo te ha ido en la feria. Yo soy un poco conservador, más ahora. Me encanta involucrarme en la parte técnica. Pero en la parte de negocios he aprendido a tener mucho cuidado, porque pues de eso vivo, y tengo que cuidar cuáles son mis intereses. Soy bueno pero no tonto. Por ejemplo, estoy viendo ahorita unos talleres para hacer capacitaciones, hacerles manuales, cursos, venderles piezas. Cuando estoy con otro tipo de gente, es distinto. Me han salido propuestas para hacer un nuevo producto, e irónicamente no sabe de innovación. Hay de todo, te topas con toda la gente. Cada quien reacciona diferente. Una posición que yo te puedo decir ahorita en México es que yo he recorrido mucho

más camino que otros apenas van empezando. Cuando yo opino, saben que soy uno de los que tiene más tiempo. Aca no, acá es al revés. Acá yo soy el que tiene que preguntar.

13. ¿Crees que la falta de cooperación científica y tecnológica entre pares pueda estar afectando el desarrollo de la innovación en el estado? Opcional: ¿Es un factor cultural?

¿Qué es lo que pasa en general como peers? Yo creo que necesitamos ser más competitivos. Aquí hay mucha competitividad, la gente se preocupa por lo que está haciendo el de enseguida en su mismo ámbito, y si los alemanes sacaron esto, no pues nosotros ahora esto. Aquí, no, nos vale queso. No nos importa mucho mejorar como profesionistas. Pero, por otro lado, la gente que tiene mucho conocimiento, no tenemos la humildad de unirnos. Aquí en Phoenix, son gente que trabajan en General Electric. Me tocó asistir a una asociación de ingenieros en energías renovables, entre ellos se reúnen y buscan los bienes comunes, como la Asptics, estaban gentes de Nearsoft, maestros del ITH, de la Unison. ¿Cómo se ven ellos entre sí? Como rivales, pero nunca se han unido como asociación para ver qué está haciendo la industria, cuáles son las tendencias. Tú estás trabajando solo, yo estoy trabajando solo, si trabajamos junto hacemos sinergia. Que vaya uno tuyo y uno mío a Singapur.

Sí afecta la falta de cooperación.

14. ¿Podrías mencionar algunos espacios/eventos de convivencia entre *peers* que se realicen periódicamente en el sector? ¿A cuáles de ellos has asistido o planeas asistir? Si a ninguno, ¿por qué razón?

En México estaba el Día del auto eléctrico, que más que asistir era el organizador. Se va a realizar un evento en la ciudad de México, y como ahorita están las contingencias ambientales. Hubo un evento que se hizo en Morelia. Habíamos fundado la asociación AVES (Asociación de Vehículos Eléctricos de Sonora). Eso es en México. Hay movimiento. Están ahí las hormigitas moviéndose. Ha habido eventos extraordinarios. Ahí te va otro ejemplo de humildad, la primer semana de mayo, o la última de abril, fue el día del diseño en la Universidad de Arizona, lo hacen una vez al año, y todos los estudiantes de la carrera de ingeniería exponen sus proyectos. No tienen nada que ver con los proyectos que exponen en la Unison y el ITH, y no porque sean talentosos, el acceso que tienen a los recursos. Estaban patrocinadores de Google, de General Electric, esas empresas le ponían dinero a los equipos, para que sacaran su proyecto en esta feria. Yo les he insistido mucho a los maestros que vengan a este evento. En una de las pláticas que les di, me invitaron, les pedí que levantaran la mano quienes tienen visa, y eran todos. Pregunté quien iba de compras, todos. Pregunté quién había contactado a un investigador, sólo uno. Los etiqueté a todos, crees que alguno me contestó. No les interesa en absoluto, al contrario se ofendieron. “En lugar de venirse de compras a Tucson vengan a la semana del diseño”. Y por eso no hay competitividad. ¿Tú crees que a un político mexicano le interesa que un político de otro país sea mejor que él? A los políticos

mexicanos no les interesa eso, sólo si hay dinero o reflectores. Si yo vuelvo a México sería por dos cosas. Es muy difícil porque todo está en contra tuya.

15. Algunos expertos opinan que las actividades interpretativas que se dan en estos espacios son muy importantes, ¿qué opinas?

Partiendo de la definición de innovación, que es desarrollar algo nuevo, innovador, ser creativo pero aplicarlo, se te viene la idea a la cabeza que si haces esto y lo pegas con otro, esa idea en el momento en que se te prendió el foco, la innovación también puede estar en encontrar algo que ya existe darle una aplicación u ofrecérselo a otro sector. Por ejemplo, tú trabajas en Space X, tienes que diseñar un aparato que una vez que esté en el espacio tiene que operar con estas especificaciones, tienes que hacer algo, y cuando te vas a platicar con tus peers, y están platicando del Canelo, y de la muchachita que salió embarazada, y luego regresas al día siguiente con la idea. Si te vas con tus amigos geeks y les platicas y ellos te preguntan, obviamente es una lluvia de ideas y eso te va a enriquecer. Si estás con peers de tu mismo nivel, de la misma sintonía, pues claro, es básico, te van a ayudar.

¿Porqué no se dá más? Porque no hay humildad. Cuando corren a uno de Nearsoft, dicen, siempre habrá más tiempo. Si hablas de TI en Sonora realmente estás hablando de Hermosillo y Obregón, si se pudiera lograr un evento como el CES de Las Vegas, o como esos de hackers que se reúnen, donde jalaran a todos los desarrolladores de software e hiciera un fun party nomás por hacer networking a nivel desarrolladores, supervisores, directivos, no tendrían que hacer trabajo, podrían ser concursos sencillos para potenciar interacción. Eso sucede en las asociaciones de los autos eléctricos que me han tocado. Unos platican cómo les está yendo o qué hacen. Algo que se podría hacer para fomentar ese tipo de redes.

16. ¿Tres materias clave de tu carrera?

Serían cuatro. Yo creo que Matemáticas, todo lo que abarca Matemáticas, todas las matemáticas. Programación por algoritmos, que te enseña a resolver problemas en base a algoritmos, y la otra sería educación financiera, cómo aprender a administrarte. Son las que se me vienen a la mente.

17. ¿Puedes citar a tus tres mejores maestros?

(...)

18. . ¿Cultiva algún tipo de cooperación científica o técnica con tus *peers*? ¿De qué tipo? ¿Con qué frecuencia? ¿Puedes citar un ejemplo? (paper, laboratorio, asesoría, asistencia, coaching, materiales, información importante para la industria)

He dado asesorías a empresas, sí. Con este proyecto que te digo del Conacyt estuvo el Politécnico y el ITH yo publicaba artículos no técnicos, abiertos al público. Sí, hay un amigo con él en conjunto desarrollamos una estación de recarga de autos eléctricos y él me manó mucha documentación, yo hice el desarrollo, y en conjunto montamos un laboratorio en su casa, hicimos pruebas. El año

pasado colaboré con una empresa agrícola, les hice el prototipo de un sistema inalámbrico para monitorear el riego. Inicié la parte técnica. Y he asesorado un montón de muchachos. A mi me gusta compartir el conocimiento y decirles y explicarles lo que sé. Conozco mucha gente, especialmente los ingenieros electrónicos, ellos no quieren compartir el conocimiento, sienten que les vas a quitar el trabajo, que si explicas luego van a ser mejor que ellos.

19. ¿Te interesa innovar? ¿A tu empresa (institución, escuela) le interesa innovar? ¿En qué nivel dentro de la escala de innovación crees que se ubica (imitación, incremental, disruptiva)? ¿Es individual o colaborativa?

La respuesta es no, porque Energy EV es una comercializadora de partes. Cuando yo vendí Futuro Inteligente fue porque yo traía muchos proyectos en la cabeza. Uno de ellos fue la tienda de autos eléctricos, pero están guardados ahí los demás. Otros de los proyectos son de innovación, no los he podido lanzar porque requieren de inversión muy alta. Dentro de mi todo lo que te puedo decir yo es que el proyecto que quisiera sería totalmente innovador, con el objetivo de crear un nuevo producto. Mi posición personal ahorita no me permite innovador. Uno de mis proyectos es muy grande.

20. ¿Te consideras una persona curiosa?

Sí. En la escuela no tanto. En el sector, con toda la gente técnica. Sí, la curiosidad es parte de mi personalidad. Casi todas las cosas electrónicas que tengo, todas las cosas que tenía, las abría. Yo por ejemplo tenía un juego, y eran piezas, fichitas, con llantas y todo y tenía carritos eléctricos y yo me acuerdo que desarmaba los carritos, le sacaba los motores, se los ponía a mi lego y hacía mis propios carritos. Le compré un lego a Manuel, y él no lo usa. Un lego mindstorms. Yo lo uso.

Anexo 6

Entrevista a Ricardo Alberto Rodríguez Carbajal, director de innovación de Sunbionics (energía solar/diseño y fabricación de estructuras mecánicas)

Sunbionics es una empresa de reciente creación. Es un spinoff de Manufactura y Servicio SOGO Hermosillo, que tiene ya once años en el mercado, principalmente dentro de la industria automotriz, trabajando la industria metalmetánica. Dentro de su estrategia ha tomado la decisión de diversificar, tanto clientes como productos y servicios. Uno de ellos es las estructuras para energía solar, tanto paneles fijos como de seguimiento solar. El año pasado adquirió una licencia, fue una transferencia de tecnología cuando yo estaba de jefe de departamento en Ingeniería Industrial. El inventor, el maestro Christian Dávila está como colaborador en la empresa. Cuando adquiere esta licencia, metemos un proyecto y nos dan un apoyo para hacer realidad como producto esta patente, tanto así que ya lo tenemos. En eso estamos y se somete otro proyecto pero ahora de Sunbionics, para diversificar estructuras de energía solar. Hemos desarrollado aquí en la empresa un seguidor de un eje. El año pasado comenzamos operaciones por eso de octubre, aquí en esta planta, pero seguimos siendo parte del grupo SOGO. Está fundada por dos socios, el ingeniero Soto, y el ingeniero Valdermar Gómez Montes, ellos me contactan para otro proyecto, otro spinoff que estamos haciendo también sobre equipo médico. Cuando me contactan y me ofrecen ayudarles con este proyecto de equipo médico, yo les vendo la idea del área solar. Tenemos dos años en lo que es las estructuras de energía solar, primero en manufactura de servicio de software y luego en esta empresa, donde soy director de innovación.

1. Vamos a platicar un poco sobre innovación. ¿Me podrías platicar un poco sobre cómo concibes el tema? ¿Qué es la innovación para ti?

Por Innovación según el manual de Oslo se puede innovar producto o servicio. No hay que confundirla con novedad, o creatividad. Son conceptos que a veces se manejan como sinónimos pero no lo son. Innovación es llevar un producto o servicio al mercado que te genere utilidad. Para nosotros la innovación es una nueva línea de negocios que estamos tratando de lanzar para ser más competitivos o productivos. La patente no es un indicador por si solo o per se de innovación, pero si no está en el mercado, no deja de ser una invención solamente, protegida, con posibilidad de transferencia. Leí recientemente que era aquello que se podía transferir tecnológicamente o generar economía. También decía que aquello que se implementaba. El manual de Oslo también dice que procesos, se innovan procesos, los procesos implementados pueden ser innovación también, y no puedes medir la parte económica, pero si está implementado que mejoró tu productividad. Si pensamos en procesos que están aplicados, que están implementados, podemos hablar de innovación. No es tan fácil de medir. Se habla mucho el término de innovación en educación, innovación en calidad, en todo. Ahí si cabe, poderlo tomar de esa manera. Sigue siendo una mejora, una retribución hacia la empresa o la organización. No confundirlo con invención, o con novedad, eso es diferente.

2. ¿Consideras que existen ingredientes necesarios para que aparezca la innovación? ¿Cuáles son estos? ¿Podrías señalarlos en términos de Academia-Gobierno-Empresa?

Creo que alguien lo tiene que hacer. No está organizado. Existe sólo una oferta educativa para cuestiones de energía solar. Que está la UTH que ofrece un TSU.

La ventaja de esto es que no importa que no estés generando recurso humano, digamos, con la etiqueta tal cual, en mi caso soy doctor en planeación estratégica, y estoy en esto. Hemos podido estar trabajando en este tema con apoyos de proyectos Conacyt que hemos conseguido. Si no existieran esos apoyos yo te puedo asegurar que la empresa no estaría invirtiendo en ello. Las empresas aquí desgraciadamente no invierten a riesgo. La innovación es riesgo. En otros estados he visto avance en esos aspectos porque están más organizados. La organización da seguridad. Pero está todavía muy acotado. En México tenemos Jalisco. Y se pudiera decir de Monterrey, o Nuevo León, tal vez en Ciudad de México. Pero lo que es el bajío, yo veo un ecosistema que está apoyando lo que está viniendo. Todavía no veo empresas locales que estén ofertando tanto a estos sectores. En cambio en Jalisco sí lo veo. Empieza atendiendo a IBM. Se empiezan a colocar nuevas empresas ahí. Pero empiezan a surgir empresas que están proponiendo un tema en específico, el desarrollo de videojuegos, que se está desarrollando y se empieza a invertir, eso no se da aquí. Tenemos empresas metalmecánicas, principalmente, y de TIC, pero que estamos maquilando, no estamos haciendo un nuevo producto. Y ahí es donde considero que Manufactura y Servicio SOGO está tratando de contribuir al ecosistema. De ser un experto, estar tratando de transitar a una nueva oferta de productos y servicios. Esa consolidación que no existe entre proveedores de Ford, fue lo que hizo que tomara el riesgo Manufactura y Servicio SOGO, que luego de dos, tres, cuatro años, es lo que ha hecho que Manufactura y Servicio SOGO tenga que diversificar, de esa necesidad es de donde estamos planeando poder subsistir, de un mercado que no es solamente nacional, es global. Tenemos una primera venta de manufactura de seguidores solares a Estados Unidos. Ese primer pedido fue bajo especificaciones del cliente. La patente es nacional.

3. ¿Qué opinas del estado en el que se encuentra la innovación tecnológica en el sector en el estado de Sonora?

Esto te lo digo con la experiencia que tengo de trabajar con Tecnologías de Información, y nunca se logró organizar realmente el sector, siempre era discusiones de lo que faltaba, pero nunca hubo, no trabajan colaborativamente ni desarrollan el sector, cada quien trabaja a sus intereses y no en el interés colectivo. Lo que pasa es que he estado trabajando con otros sectores, tengo la dicha de trabajar en un proyecto nacional, en el cual obtuvimos para 22 proyectos estratégicos, eso me ha dado la oportunidad de estar en otros estados y ver cómo se organizan, en esto que es naciente, la industria solar. Simplemente aquí tenemos una industria automotriz desde hace 30 años donde sólo la planta Ford está ubicada y su tier 1, tier 2, en cambio en el bajío está, pues casi todas las armadoras, nuevas armadoras, en cuestiones de aeronáutica igual, ahí sí están organizados, implica que se tengan que organizar, y el gobierno, ahí se ve que sí está funcionando, si no el SRI por lo menos una triple hélice que parece que sí está girando, aquí no hay eso, hay muchos intentos, hay muchas iniciativas, hay mucha gente que es muy emprendedora, pero no veo concretado en organizaciones fuertes ni que se sustenten con el tiempo. Conocí a TI Sonora en su momento. Sé que existe Canieti Sonora, ¿pero dime qué ha hecho Canieti Sonora? ¿Tiene presencia realmente

canieti Sonora aquí? Aquí en el parque industrial hay muchas empresas pero no está organizado, no hay liderazgo, por lo tanto perdemos oportunidades, por lo que yo digo que entonces el Sistema Regional de Innovación, pues está muy carente aquí en Sonora.

Muchas oportunidades, sí, en el sector productivo primario. Las acuícolas creo que es lo que está más organizado. La parte de biotecnología que se tenga que aplicar a las acuícolas. Acuícolas y agropecuarias lo veo más organizado. Hay muchas organizaciones en lo que es primario de producción de ganado, en el sur del estado los productores primarios, de ganado, esos están más organizados que los sectores emergentes, eso es lo que se ve, quizá porque tienen más tiempo. Las energías renovables desgraciadamente aquí en Sonora son de integradores.

Las energías renovables aquí en Sonora son integradores. Hacen proyectos en casas, negocios, apoyados por diferentes fondos en el sector primario, Sagarpa, entre otros. No veo una iniciativa de desarrollar la energía solar, ni a nivel usuario. Se pensaba que venía mucho pero no, fue más para el petróleo, que sigue siendo el energético más comercial, y que genera más economía. Se hablaba de un plan en la campaña de la gobernadora de hacer más usos de la energía solar, que somos privilegiados en eso, si alguien tiene recurso solar es Sonora, pero qué va a pasar, va a pasar como en muchos otros sectores, van a avenir las empresas grandes, transnacionales a ofrecer soluciones, dejando a un lado el capital sonorense y mexicano. Ahí es donde nosotros estamos apostando, tratando de adelantarnos, y posicionarnos en el siguiente sector.

4. ¿Consideras que esta situación podría mejorarse? ¿Sí? ¿No? ¿Cómo?

Vengo de una institución de educación superior pública, la líder en el estado, la política en las instituciones como esta, debería de cambiar, si quieren dinamizar la parte de innovación, tendría que empezar ahí, cambiando la política, la política interna, alineándose a la política nacional que propone cambio en la ley de la ciencia y tecnología que los investigadores pueden participar como empresarios, como socios, que todavía no se adopta en las instituciones.

Está publicado en el diario oficial. Antes era una limitante. El senado aprobó una reforma, se hizo esa reforma, pero todavía no está operando, tanto así que es como esa historia de los cangrejos, los mexicanos cuando ven que alguien está destacando con la vinculación con empresas y que está ganando tal vez más dinero, con sus invenciones, tienden a frenarlo, tienden a criticarlo, tienden a menospreciarlo.

Mientras no cambie eso, yo creo que vamos a tardar más. En los centros de investigación, en las universidades, se genera el conocimiento de frontera, pero también el estado de la técnica de frontera. Desgraciadamente hay muy pocas empresas que tienen investigación y desarrollo. Las universidades deberíamos estar funcionando como centro de i&D, y hacer una vinculación exitosas. Sucede, pero sucede en casos muy aislados, no organizados, no motivados por una política, no motivados por una organización o un plan. Sucede, y te puedo dar ejemplos. A veces cuesta, cuesta mucho para el investigador. A veces tiene que separarse de la institución, porque adentro si sigue a veces es freno o es desprestigio. Hay una empresa que es uno de los ejemplos que hay que seguir en biotecnología. Un investigador del ITSON que con el desecho del camarón

hace un fertilizante, que luego la adquiere una empresa más grande, y el investigador tuvo que dejar el ITSON para estar en esa empresa. Pocos que te pueda decir que hay transferencia de tecnología real. En mi experiencia y en lo que estoy ahorita trabajando, el empaquetado de esa transferencia del seguidor solar, donde también hay una realidad, si se lo dejábamos sólo a la empresa, la empresa está normalmente más preocupada por sacar la quincena y todos los gastos por desarrollar tecnología. Si no hubiera el involucramiento y la participación del inventor y un servidor, no estaríamos hablando de los resultados que se tienen en menos de un año, con nuestra incorporación a la empresa. Ya prototipos funcionales de sistemas de producción para hacer más baratos los costos, en menos de un año con nuestra incorporación a la empresa hemos podido lograr eso, hemos vendido en etapas tempranas de desarrollo. Esa es la realidad. Cuando hablan de innovación o de transferencia de tecnología los autores a nivel internacional plantean un escenario diferente al que tenemos en México y en Sonora. Plantean que las universidades están generando patentes al por mayor. Es lo que debería pero aquí no, y sin embargo queremos copiar esos modelos. El 2012 estaba como coordinador del departamento de Ingeniería Industrial, fue el primer año que la Unison se colocó en el ranking del IMPI como una universidad donde había generado más de 10 solicitudes de patente. Ocho de ellas eran de mi departamento. De esas, diseño industrial, desarrollado por un técnico y un doctor, un producto que no es de alta tecnología, pero que resuelve una necesidad. En el 2012, con esas ocho solicitudes que hizo el departamento y cuatro más de la universidad nos colocamos en el ranking, con una visión de hacer eso, en mi administración fue lo que estuve impulsando, tanto así que nos colocamos, teníamos con qué, teníamos proyectos a nivel nacional, teníamos talento, teníamos vinculación con las empresas, por medio del Fondo de Estímulos a la Innovación, y estuvimos trabajando en eso. Acaba mi administración y acaba esto. Lo que te decía de las políticas. A veces es muy difícil lograr las cosas de esa manera. Sin embargo, yo te puedo contar del primer caso exitoso de transferencia tecnológica en el departamento de ingeniería industrial de la Unison. Una cosa es la solicitud de patente, el diseño que se hizo, y otra cosa crear un producto. Si no, entonces ahí se queda, una patente.

5. Cuéntanos tu experiencia personal en materia de innovación. ¿Has participado o visto de cerca el desarrollo de un producto innovador? ¿Cómo fue? ¿Qué obstáculos se presentaron?

De los factores que yo veo (obstáculos), ya te mencioné uno, la política es una. La inmadurez de las empresas. La composición del sector productivo en México está fundamentalmente sostenido por Pymes, están más preocupadas por subsistir que en generar nuevo conocimiento. En vez de verlo como un problema yo lo vería como una gran oportunidad, si es que nos alineáramos las universidades con ese contexto, te platicaba hace un momento, pero también en países muy desarrollados, las empresas tienen sus centros de investigación y generan patentes, no siendo una institución de educación, es un centro de investigación privado. Hay un sector productivo demandando esas patentes o esa generación de conocimiento que no se da. Al ser en su mayoría PYMES, menos piensan que está muy lejos adquirir una patente. No piensan en adquirir, no saben ni quién las tiene. Eso es México, y mucho de Latinoamérica. Los países tratan de tomar los modelos de los países desarrollados, y a la hora de la implementación son las cosas que truenan. ¿Qué tendríamos que hacer? Mejorar primero la política interna de las universidades. Se habla mucho de un Sistema de Ciencia y Tecnología perverso, donde beneficia y califica de mejor manera la producción editorial, los papers, yo no digo que eso está mal, es más, yo apoyo que siga. La ciencia básica debe seguir, pero también debe de pensar en el otro componente, el desarrollo tecnológico. Si el organismo que administra la Ciencia y Tecnología en México, está empezando

a ver eso, por sus convocatorias, el sector debería estar cambiando su cultura y empezar a valorar ese tipo de productos que no conoce, o que algunos cuantos conocen pero la mayoría no sabe, y que al conocerlo lo desprecia, y dice no es válido para que tú te puedas sostener en el Sistema Nacional de Investigadores. Mientras no se apoye a esos que generan desarrollos tecnológicos, pues poco se está desarrollando la innovación. Desarrollo de soluciones, que tiene poco valor para el Sistema Nacional de Investigaciones, lo cual hace que los doctores hagan lo suyo para poder permanecer en esos estándares, que al final retribuyen en una cuestión económica. Eso sería, modificar la política. Y motivar la vinculación, hay una caracterización que en algún momento hice con un plano cartesiano. Entonces yo ponía en el eje x la investigación básica y aplicada, en el eje y la investigación libre, y negativa y positiva, dirigida. Por los indicadores que tenemos la investigación se ha estado realizando básica y libre. Cada quien hace lo que quiere, y lo que se está produciendo son papers. Estaríamos mejor tal vez si se produjera aplicada y dirigida. Y luego un eje z de la innovación. La que se comercializa. Se han generado patentes, claro que sí. Cuántas, pocas. ¿Cuántas se han comercializado desde la academia? Sí se han logrado, casos muy honrosos como la píldora anticonceptiva. ¿Dónde deberíamos estar? Pues haciendo investigación aplicada y dirigida, claro que con una fuerte investigación básica. Si no tenemos investigación básica, no tenemos aplicada. Debe existir siempre la investigación básica, no es un rompimiento. Debemos de seguir teniendo muy buenos investigadores básicos, pero debemos fomentar los tecnólogos.

6. ¿Cuáles consideras que son las empresas más innovadoras del sector en Sonora?

(...)

7. ¿Qué actores (academia, empresa, gobierno) clave podrías mencionar o consideras que están haciendo algo que vale la pena para mejorar las condiciones del desempeño del SRI?

Tal vez al doctor Marcelino Barbosa, trabajando con él ahí un tema, él siendo investigador básico, físico, creo una empresa llamada Innovación y servicios en Nanotecnología, el cual ha sido financiado por el programa de Estímulos a la Innovación.

14. ¿Podrías mencionar algunos espacios/eventos de convivencia entre *peers* que se realicen periódicamente en el sector? ¿A cuáles de ellos has asistido o planeas asistir? Si a ninguno, ¿por qué razón?

Estatil no, Nacional sí. La Asociación Nacional de Empresas Solares. El más cercano es el proyecto que tenemos en el Centro de Energía Solar, está dirigido por el Instituto de Energías Renovables.

18. ¿Cultiva algún tipo de cooperación científica o técnica con tus *peers*? ¿De qué tipo? ¿Con qué frecuencia? ¿Puedes citar un ejemplo? (paper, laboratorio, asesoría, asistencia, coaching, materiales, información importante para la industria)

Tenemos alianza estrategia con Solar DMI y con Noselec, que son integradoras. Como negocio, no como organización. Todavía no. La empresa está siendo incluida en la Red Temática de Energía Solar de Conacyt. Y Christian es parte de un grupo de enfoque. Que es lo más organizado. Existe

también el Laboratorio Nacional, liderado por el Instituto de Energías Renovables. Estructuras, ha sido de nuestros principales aliados como empresa, que tiene una instalación plataforma solar Hermosillo. Tuvimos ahora en el verano aquí con nosotros a. Tal vez él nos refiera más adelante con otros. De mecatrónica con otros proyectos.

19. ¿Te interesa innovar? ¿A tu empresa (institución, escuela) le interesa innovar? ¿En qué nivel dentro de la escala de innovación crees que se ubica (imitación, incremental, disruptiva)? ¿Es individual o colaborativa?

Sunbionics sale como un spinoff de SOGO. Una manera innovadora de llevar los negocios. Delegar a otra unidad.⁸³

Comentario final: El sector empresarial o productivo tiene desconfianza del sector académico. La zona de confort en que nos encontramos no nos obliga a más. Yo soy titular C, candidato en el SIN ahorita. No me motiva ni me exige hacer proyectos de investigación, que me daría parte de la dirección de mis aportes. Sin embargo yo puedo estar haciendo lo que yo quiera, generar algún proyecto de investigación que quien sabe si tenga un impacto en la sociedad o en el sector productivo, y con eso tener los puntos que yo necesito para seguirme promoviendo en el SNI, o no. Yo ya soy titular C, qué necesito hacer. Cambiar la política interna. Cuatro años lo hicimos en mi departamento. Habría que empezar por casa. El Colegio de Sonora hace lo suyo, no se le pueden pedir productos de desarrollo tecnológico, a quién se le pueden pedir aquí en Sonora, quién tiene que rendir cuentas. La Unison, el Itson, los tecnológicos, el Tec, el CIAD. Hasta dónde es exitoso. ¿Cuántas transferencias tecnológicas tienen? Ya no hablemos de patentes. Ellos tienen, pero cuántas son realmente de la institución, cuántos son del investigador, cuántos tuvieron que darle vuelta al monstruo que es el sistema burocrático. Cuando se deje de ver de esa manera, al facilitar las cosas a los investigadores, habría más que quisieran estar aportando, y cuando vean los beneficios económicos que se pueden obtener también por ahí, cada vez van a ser más, pero se necesitan casos de éxito.

⁸³ Se omitieron preguntas debido a limitaciones de tiempo y logísticas.

Anexo 7

Entrevista a Ramsés Galáz, CEO de Ziptek/Galaz Science & Engineering

Yo soy Ingeniero Mecánico. En Chicago era ingeniero de manufactura, decidí hacer una maestría, y me fui a Canadá en enero del 2002. Yo pensando que iba a hacer cosas mecánicas, sin embargo me tocó la suerte de tener un supervisor de mi tesis de maestría que estaba muy enfocado en la ingeniería biomédica. Resulta que él se dedica a hacer todos los implantes endovasculares. Me llamó mucho la atención y me quedé a hacer la maestría con él, con especialidad en implantes endovasculares coronarios. Eso fue del 2002 al 2004, él me insistía mucho que me quedara a hacer el doctorado. Resulta que me insistió mucho, yo nunca apliqué al doctorado, él aplicó por mi, falsificó mi firma y metió los papeles. Me ofrecía no quedarme los inviernos en Canadá, entonces estudié un doctorado en ingeniería biomédica, era muy mecánico en naturaleza, el diagnóstico de la vulnerabilidad de una arteria coronaria simulado por computadora. Yo te hago una reconstrucción con imagenología de tus arterias, y te puedo simular el flujo coronario y determinar con cierto grado de exactitud que tenga un infarto en el corto plazo. Era un tesis muy mecánica. Desde entonces yo ya tenía la idea de hacer una empresa de dispositivos médicos, sobre todo por el tema del rezago de salud que tenemos en México. El caso es que hice mi tesis doctoral, la terminé en el 2009 pero ya para el 2008 estaba en México. Nadamás estaba escribiendo mi tesis. Ya estaba queriendo empezar mi empresa, eran mis primeros pasos. Y empecé con apoyos de Conacyt, un fondo mixto del gobierno del estado de Sonora, ahorita lo que ves aquí en la oficina es poquito menos de la mitad es lo que tengo en otros lugares. Formo la empresa y en el 2009 me empiezan a dar apoyos de Conacyt, en el 2010 me vuelven a dar un apoyo pero ya no de fondo mixto, para empezar un proyecto de tornillos ortopédicos de trauma, un tornillo es un aparato mecánico que estabiliza una fractura ósea. Cerramos el proyecto exitosamente. El 2011 me vuelven a apoyar en dos proyectos adicionales, me apoyan en dos proyectos de dispositivos de acceso para procedimientos de terapia intensiva. Los proyectos de Conacyt son muy estresantes. Desde que llegué he sido y no he dejado de ser profesor del Tec de Monterrey, y en campus Monterrey por videoconferencia, y en campus Ciudad de México. Desde aquí de Hermosillo yo le daba clases. Doy las clases en particular de Biomecánica y de Ingeniería Cardiovascular. En 2014 dejé mi puesto de Investigación y Posgrado en Campus Sonora Norte, me consumía mucho tiempo, no era lo que quería hacer. Sigo siendo profesor pero ya nada administrativo. Me gusta la ingeniería, nos gusta quemar cosas, entonces dejo el trabajo de andar sellando papeles, no me gustaba ese ambiente para nada, a partir de enero de 2015 me convierto de nueva cuenta en 100% empresario. GSE biomedical quiero que lo identifiquen con proyectos biomédicos, aunque sí tengo clientes mexicanos, el potencial que tengo es 50 veces mayor en Estados Unidos. Formo la empresa y gano dos proyectos de Conacyt federales, uno que tiene que ver con implantes endovasculares, y gané un proyecto para hacer un estén coronario bifurcado, y en ese mismo año me dan dinero también para desarrollar que necesitan ser entubados por cualesquier motivo, porque las posiciones de cómo está el niño, se abre un poco mejor la tráquea. El mío permitía poder desplazarlo a cualquier punto que tú quisieras. Salgo del Tec, es decir, tenía buenas operaciones en el 2014 a pesar de estar trabajando en el Tec. Empezamos a acondicionar esta oficina, seguí como consultor de proyectos externos, hemos desarrollado tornillos transpediculares para cirugía de columna, en donde te quitan el disco anterior, te colocan un implante de disco intervertebral, el proyecto del automuestreo del papanicolau, y resulta que en el 2015 conozco, tengo por ahí unas 30 solicitudes

de patente. Tengo 13 o 14 individuales. Metimos la solicitud a PCT Internacional. Tenemos una patente del proyecto de cirugía artroscópica en más de 30 países, individualmente. A través de mis contactos en el campus Ciudad de México, fue un doctor a preguntar quién sabía de coronarias. ¿Y dónde está Ramses? En Hermosillo. Resulta que es el jefe de Coronaria. Yo les dije, miren, desafortunadamente los conocí en una fecha en que no hay convocatorias de Conacyt abiertas. ¿Cuál es la problemática de los *esténs* coronarios? Para prevenir que te de el infarto, nosotros entramos al organismo con este catéter, esa malla de alambre está montada sobre un globo, esa malla de alambre tiene que ser expandida, navegamos toda la aorta, se curva esto, entramos a la entraria coronaria que queremos, y llegamos a la zona donde está el tapón. En México, el 100% de estos dispositivos son importados. ¿Por qué tenemos que comprar? Es algo tan sencillo, pero no lo diseñamos, no lo producimos en México. Eso vale mil 500 dólares. El costo de producirla es de 15 dólares. No tiene porque ser tan caro. Entonces el proyecto con el Instituto Nacional de Cardiología. Lo que estás viendo es el primer prototipo, es un tubito de alambre muy débil, muy frágil. El globo abre, es una estructura metálica. Me toca diseñar estructuras metálicas que abren arterias coronarias. Tienen que tener propiedades biocompatibles. Empezamos a trabajar en este producto. Trabajamos muy bien, ha sido de mis mejores proyectos, pero ya con miras a que esto se venda. Ellos actualmente gastan 2 millones de pesos en estas cosas. Puede manejar pacientes privados, mas no es el común denominador. El instituto tiene la obligación legal de atender estos casos. Esto se trata de un proyecto de reducción de costo, aparte de innovación. Y sí podemos hacerlo. Ya tenemos más de un año trabajando juntos. Solicitamos más proyectos de Conacyt para 2016, y los volvimos a ganar. Estamos en medio de lo que necesitamos hacer para lograr este implante. El Instituto Nacional de Cardiología, pruebas clínicas. Simultáneamente en este año también ganamos otro proyecto de Conacyt. El proyecto de cirugía artroscópica tiene que ver con la manera cómo se repara un tendón. Este hueso, el húmero, normalmente músculo y tendón, estos tres músculos son los que se encargan, hay muchas lesiones de hombro, de articulación, yo hago pesas, y entonces una vez yo me lastimé, mi tendón, el suprasinatus se me rompe parcialmente, y duele muchísimo, en casos muy severos queda literalmente volando, la técnica de cirugía artroscópica ya cuando lo meten todo te queda algo así, estás colocando un taquete, y es un taquete de titanio, lo que hacen normalmente es agarran la sutura, la pasan por el nudo, vuelven a adherir el tendón al hueso. El problema con esta técnica es que normalmente, tiene muchas inconsistencias porque depende de qué doctor te toca, es muy variado el universo porque no hay nudos estandarizados, es muy artesanal la técnica, parece muy fácil, pero no sucede así, porque esto está cubierto de piel, tú no ves nada. Entonces yo me asocié con este doctor en 2011, y desarrollamos una patente que trabaja sin nudos, es una sutura que tiene muchas bolitas, muchas protuberancias, es un zincho quirúrgico. Es una mezcla de ácidos polilácticos, las propiedades mecánicas de ese material son las adecuadas para el desempeño del nivel de fuerza. Por ponerte un ejemplo un kilo de este polímero cuesta alrededor de 9 mil dólares. Estandarizas el nivel de fuerza, te perfora, te coloca el tornillo de anclaje, se acabó el problema, y tienes un nivel de sujeción muy fuerte. Entonces, en resumidas cuentas, en los 6 años, siete que tenemos operando la empresa, los tres últimos años han sido muy productivos. Quieren una versión mejorada, quieren hacer una válvula aórtica, quieren hacer un sistema de monitoreo de signos vitales remoto, le manda un diagnóstico elaborado por algoritmo dentro del mismo software. Le llama a la ambulancia y le llama a tu cardiólogo y le avisa a medio mundo. Traemos un proyecto de la planta de manufactura de estos implantes. A raíz de lo que hemos trabajado con el Instituto Nacional de Cardiología ya se corrió la voz, ya salpicaron a dos proyectos más, para hacer implantes aórticos, y con el instituto nacional de rehabilitación. Traigo ahorita en cartel unos 13, 14 proyectos. Tengo ahorita siete empleados.

Empresas como la nuestra no hay muchas. En México el gasto per cápita de dispositivos médicos es de 23 dólares. La problemática es que México le compra a Estados Unidos. México nadamás produce abate lenguas. ¿Qué tiene de innovación una sábana, o un abate lenguas? Ya a partir de los clase 2 ya prácticamente importamos el 100%, la razón es porque México hasta apenas del 2012 incluye en el Diario Oficial de la Federación, hasta el 2012 no teníamos nada. Entonces, la industria médica en México apenas está como que queriendo despertar. Cofepris es la instancia regulatoria, pero no tiene capacidad de atender lo que se le va a venir encima. Eso sí saben hacer muy bien, y eso es todo lo que hacen en Cofepris. Cuando llega el caso de, oye, yo quiero hacer un estén coronario mexicano. No, no nos has entendido. Y nos dice el comisionado, entonces va a ser la primera vez que se realice un dispositivo clase 3. Pero los vamos a llevar de la mano porque la legislación sí existe. Entonces, es un tema muy. Pues obviamente a mí me afecta eso. Si las propias regulaciones mexicanas no permiten que florezca este mercado. Si te pusiera numéricamente del 1 al 100, suponiendo que la solidez de Estados Unidos es un 100, México andaría en un 15. Por ejemplo en Estados Unidos, si un doctor tiene una idea, el doctor no tiene, se mete a la página de la FDA, y ahí viene todo. Y lo sacan al mercado, y estos consultores te lo diseñan, te lo conceptualizan, y están todas las reglas bien claras. En México, y a mí me da mucho coraje, para empezar nadie te dice. Nadie sabe que aquí en México. No existe un roadmap para llegar a comercializar la idea del doctor. Vamos a suponer que un doctor por ahí se entere que es Cofepris la instancia regulatoria. Para empezar no les puedes mandar correo electrónico. En 90 días te damos respuesta. Ese es el grado de ineptitud. Se quieren alejar en Cofepris porque no tienen capacidad. Ellos saben muy bien que se van a llenar de más chamba que no quieren. Les da pavor, el oye viene un dispositivo nuevo, mexicano. Chin. Sí tienen idea pero no tienen una idea muy clara de las cosas. Y en FDA me encanta porque es muy largo el camino, es muy burocrático pero por lo menos todas las reglas del juego ahí están, muy explícitas, muy claras. Hijuela, pues mira. A ver, ve con Cofepris, a ver qué te dicen. Después de eso, quién te apoya, bueno, Conacyt sí te apoya, yo creo que muchas personas no se han dado cuenta de todas estas trabas regulatorias. De nada sirve apoyar programas de innovación, porque nomás se va a quedar en una patente. Un dispositivo médico es 30%, el 50% es la parte regulatoria. Conacyt te apoya hasta acá, entonces muchos proyectos se quedan aquí en el cajón. Esta es la parte que no conoce nadie, todo el camino que hay que recorrer para llegar a la comercialización de un dispositivo médico. No te dice nada de como hacer un dossier, no hay mucha documentación al respecto. He estado en pláticas con gente del gobierno federal. Se tienen que sentar a ponerse de acuerdo en promulgar leyes que fomenten la innovación en el sector salud, porque cada quien tira escopetazos por separado. Cofepris dice no, yo sé, estamos conscientes del problema pero no tenemos capacidad, y Economía solamente te apoya hasta la innovación, entonces, como que hace mucha falta la parte regulatoria. Yo lo único que he escuchado de Cofepris son historias de horror. Mucha gente dice que prefiere irse a FDA aunque le cueste 10 veces más caro, por dos razones, una, porque no van a batallar con burocracias, y segunda razón, porque si te aprueba la FDA, tienes el registro en todo el mundo. Entonces, esa es otra problemática de por qué la misma gente que quiere hacer innovación en el sector médico, le saca la vuelta a Cofepris. Si quiero entrar a México, ya es más fácil para mí. Esa es otra de las razones de por qué mis clientes son de Estados Unidos, Canadá, y Europa, pero a pesar de, yo estoy picando piedra, porque estoy educando a los Institutos Nacionales de Salud en este tema. ¿A quién acudo? Pues quien sabe. Hacen una publicación, un paper. No hay nadie que los asesore, no hay nadie quien les de dinero. No se han dado cuenta que el camino es muy largo y tedioso. Trata de llevar a los institutos nacionales de salud. El gobierno les da dinero para que atiendan a la población y para que hagan investigación, entonces, no tienen un departamento de

innovación. Fui la única empresa invitada, nadie ningún departamento de salud tienen dentro de su nómina un departamento de innovación. Cardiología tiene una necesidad enorme. Entonces, este, ellos quieren hacer un departamento de tecnología, de innovación, de implantes. Pero de nueva cuenta, yo te apoyo hasta acá. Ahí se atora la cosa. Yo estoy trabajando precisamente en desatorar eso. Y que se encargue esa. El problema es que yo lo estoy haciendo como empresa. Ellos lo están haciendo como un proyecto de innovación. Tienen muchas trabas burocráticas, políticas. Todo lo que quieren desarrollar lo quieren publicar al mismo tiempo. En el momento en que tú publicas algo, ya no puedes patentarlo. No le pueden sacar la vuelta a eso. El poquito tiempo que tienen para investigar lo tienen que publicar, porque no tienen tiempo de ir investigando otra cosa. Estamos viendo la manera a ver cómo lo destrabamos desde la iniciativa privada. Yo como empresa me ofrezco a que yo los maneje como empresa, porque yo sé que ellos no van a implementar de la noche a la mañana un departamento de innovación. Pero yo los quiero llevar de la mano, precisamente porque como empresa soy mucho más flexible. Eso precisamente es lo que está funcionando más bien con el Instituto de Cardiología. Es un ganar ganar. No estamos perdiendo tiempo con burocracia. Es un problema de desconocimiento de todas las partes. Conacyt sabe que tiene que apoyar Innovación, pero no sabe. Economía es el que menos sabe. Yo le puedo presentar un proyecto de paneles solares. Esta es una necesidad nacional, de 80 millones de dólares. Como que hay mucho desconocimiento de todas las partes. Desde hace rato estoy tratando de que esta junta suceda. Falta juntar a los tres, y todavía me atrevería a decir que tiene que estar presente la secretaria de salud y el secretario de economía, en el mismo lugar. Pero pues a ver en qué acaba esto.

3. ¿Qué opinas del estado en el que se encuentra la innovación tecnológica en el sector en el estado de Sonora?⁸⁴

En general. En Sonora. Tengo una opinión un poco negativa acerca del Sistema Regional. No que no tengamos la capacidad. El problema que yo veo es que las personas que están dirigiendo no le han dado un enfoque realmente innovativo, con la experiencia de la administración pasada y la antepasada. A mí me tocaba, y a qué se refería con eso. Hay que tener más máquinas CNC para poder fabricar turbinas de aviones dentro de maquiladoras. Y hasta ahí les llegaba la imaginación. El camino. Hay que maquilar. No les carbura mucho el cerebro. Yo llego con un proyecto de hacer un implante. Y aquí están con la mentalidad de que la visión es más de desarrollar un ecosistema ideal para maquilas. Eso es lo que para mí era el concepto de la administración pasadas. Y eso, obviamente, pues Coecyt depende de la Secretaría de Economía. Lo único que hacían era pues, becas, pues el impacto de 5, 10 becas que daba pues no es que va a cambiar mucho la economía aquí en Sonora. Hasta ahí llegaban las actividades del Coecyt. No te voy a decir que en México la situación está mucho mejor, porque por lo menos hay un Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología. La gente que está en el Consejo de Ciencia y Tecnología tiene que tener un concepto lo que es la investigación redituable. O que es una maquila muy importante, y precisamente porque la mentalidad de que aquí tenemos que ser maquiladores. Genera muchos empleos, pero empleos de bajo nivel. Es una maquiladora que genera muchos millones de dólares no tiene por qué estar pidiéndole dinero al Conacyt. Pero porque genera muchos empleos. Oye, fijate que un estudiante del ITH, vamos a ayudarlo a que forme una empresa, pero sí por lo menos que le den dinero a

⁸⁴ Se limita el número de preguntas debido a que en la introducción de la entrevista se abordaron los temas anticipadamente.

aquéllas ideas innovadoras, pero que ya no le sigan dando dinero a los mismos. Israel tiene un Sistema de Innovación muy padre. Y no tiene nada, no tiene mas que mar y desierto. El 90% de su economía está basada en investigación. Y nos platicaba el secretario de economía de Israel que ellos dicen, a ver, yo tengo equis cantidad de dinero en la bolsa, para repartir. Yo tengo 10 proyectos que me están pidiendo dinero. Vamos a suponer que yo les doy dinero a los diez, Y los diez son muy exitosos, y a todos les va muy bien. Como es posible que estás haciendo las cosas mal. Lo que pasa es que yo no les debo dar dinero a proyectos que no necesitan dinero. Entonces, yo les debo dar dinero a aquéllos proyectos que están en la cuerda floja. A los diamantes en bruto, no a los diamantes pulidos porque esos no necesitan dinero. Pero les están dando dinero exactamente porque piensan que si les dan dinero vamos a ser mejores maquiladores. Y si yo no tengo ningún inconveniente en darles dinero a 10 proyectos que se están tambaleando, le va a redituár al gobierno para pagar por los otros 9. Están apoyando al que realmente necesita ser apoyado, no al que no necesita ser apoyado.

No está siendo bien manejado porque la gente que maneja esos fondos. Siempre es un político que ve por los intereses de la política y del gobierno, y que por lo general es gente que nunca ha estado involucrada en Investigación & Desarrollo. No son de Innovación, son de Maquila. Fabrican lo que el gringo te dice. Entonces, necesita el Secretario de Economía necesita ser dirigido por personas, o que tengan un departamento que realmente esté muy capacitado. Porque también pueden decir no, es que yo voy a poner un académico muy fregón. Tienen que poner a alguien que sepa mucho de investigación aplicada. Tiene que ser una persona que sepa como está el rollo con temas de transferencia de tecnología. Y que no tenga una visión de que Sonora debe ser un estado maquilador.

6. ¿Cuáles consideras que son las empresas más innovadoras del sector en Sonora?

Me siento hasta como que medio solo aquí. De que las hay las hay, pero yo pienso que la mayoría de las empresas que estamos en este rollo son empresas muy jóvenes. Yo lo que te recomendaría es que te vayas a los listados de programas al Estímulo de la Innovación, hay otras que nomás no hacen nada, nomás es pa bajar recursos. Fomix ni te vayas, porque no tienen dinero. Yo soy del comité técnico. Te voy a decir una que sí, Futuro Inteligente. Él, pero hay muchos que no. En Sonora estamos muy solitos. Recomendaría que el Coecyt tengan un departamento de Investigación & Desarrollo. Que filtren aquéllas empresas que no hacen nada. El problema es que por ley no le pueden negar un apoyo a una empresa nueva. Es legalmente válido. No me pueden discriminar a mi como empresa nueva nomás porque soy nueva. Eso le afecta muchísimo a la innovación en México. Pero deben haber otros mecanismos de filtración. A ver, te apoyo con poquito. Y por palancas, ¿eh? Una buena noticia detrás es que conocí al director de innovación adjunto de Conacyt en Israel, y me platicó mucho de los cambios que iba a ver, a parti del 2016 los estados ya no tienen injerencia en cómo se distribuyen los recursos del Conacyt, y eso lo aplaudo porque eso era una mafia. El decir que los estados manejaban el recurso, se prestaba a pues, es que a mi compadre, a mi hermano, empresas disfrazadas. Aplaudo mucho la decisión. No te voy a decir que está libre de impurezas, pero ya es más ciego el proceso. Ya no me va a evaluar alguien de aquí de Sonora. Me va a evaluar a alguien que no tiene conflicto de interés bueno o malo, ni en contra ni a favor. Hay muchas cosas que están cambiando. Yo quisiera que haya un esquema en donde, a ver, a los nuevos. No te voy a soltar tanta lana, si eres una empresa nueva te voy a soltar cuando mucho un millón, dos millones de pesos, y te voy a hacer auditorías, me vas a

demostrar con el tiempo que realmente te dedicas a eso. Porque ahorita el problema es las reglas están muy generales para todos. Desde mi trinchera yo observo que solamente el 15% hacen innovación. Entonces, a fin de cuentas, si las instancias de gobierno se pusieran a filtrar correctamente, debe de haber mecanismos, de que los hay los hay. En Israel tienen un mecanismo de filtrado muy bueno. Te recomiendo The startup nation. Como no tienen recursos naturales, no tienen nada, hacen un chorro de empresas. El gobierno de Israel, si a ti te va mal en tu empresa y la tienes que cerrar, el gobierno te apoya con el cierre, para que eventualmente abras otra. Está muy padre el esquema. Y entonces que tengan mecanismos de filtrado para identificar aquellas empresas que están haciendo proyectos buenos. Y que dejen de apoyar a las que están haciendo puro fake. Entonces realmente, osea, fíjate, nomás con esa última regla que te di, se ahorrarían un 80% del dinero que están malgastando.

10. ¿Eres averso al riesgo?

Sí me gusta el riesgo. Si las probabilidades son 10 a 1, pues es demasiado riesgo, pero si me dices 50/50 es lo mismo que tirar una moneda.

17. ¿Puedes citar a tus tres mejores maestros?

El primero, tengo dos formales. Vive en Quebec. Lo acabo de ver hace tres semanas. Es un maestro formal, muy raro por que. Me llevo muy bien con él. Y fue mi mentor. Yo tenía un maestro en la carrera que se llamaba Dr. Manriquez. Tenía una manera muy particular de decirte que estabas bien menso. Te decía menso muy elegantemente. Yo troné termodinámica con él. Me hizo ver que no había aprendido nada. Me dijo: Es que no sabes. La volví a llevar con él mismo. Y ya la segunda vez que la volví a llevar, le agarré la onda. Dice, yo prefiero tronar al alumno y que la vuelva a llevar, porque prefiero que salga de la clase, aprendiendo, y no nomás la pasó por pasar. Y el otro profesor, fue de la maestría, que él tenía una filosofía similar a la del Dr. Manriquez, que decía, yo no vengo aquí a cuidar niños chiquitos. Automáticamente todos tienen 100 en la clase, y a mí no me importa si vienen o no vienen a la clase. Era porque decía no quiero estresarlos por el tema de que quieren ganarse los puntos. Esa clase se volvió bien interesante, y jamás me estaba estresando por los puntos. Llegas a la clase a sentarte a aprender y a preguntar cosas que quieres aprender.

18. ¿Crees que la falta de cooperación científica y tecnológica entre pares pueda estar afectando el desarrollo de la innovación en el estado? Opcional: ¿Es un factor cultural?

Si aquí se viniera a poner enfrente, se viene a poner mi competencia. No tenemos sentido de cooperación. El problema tenemos muy arraigado el este es mi proyecto, ésta es mi patente. Eso se fomenta por el tema de los apoyos. Si Conacyt le da dinero a una empresa. Por qué en Estados Unidos no sucede eso, porque en Estados Unidos el gobierno no te apoya. Investigación básica a investigadores que después van a hacer un proyecto de transferencia de tecnología. Estados Unidos no tiene un proyecto de apoyo a las empresas. Que después se transforma con capital privado en investigación aplicada. Estados Unidos no tiene sistema de apoyo directo a las empresas. Por ese lado, las empresas allá no tienen ese sentimiento de envidia, sí existe, son proteccionistas, pero cuando se trata de I + D no son competencia. Aquí cada vez se pone más dura la competencia.

Aquí en Sonora el Conacyt dice la bolsa estatal para el estado es de tanto. Yo tuve una clase con un profesor francés que en Francia hacían un proceso de calificación bien gacho, y la aplicó. Y dice, el 20% del grupo está reprobado, así te saques 95. ¿Qué crees que pasó con la clase? Se volvió una competencia. No te presto mis tareas, no te presto mis apuntes, no quiero reprobar yo. Es algo más o menos lo que pasa aquí en Sonora. Conacyt dice, al 20 percentil más bajo no te toca nada. Ahí sí no te sé contestar como resolver eso. Siempre entre empresas va a haber ese espíritu de no cooperación. En mi mercado sí es bien proteccionista. Yo con todos mis clientes firmo convenios de no divulgación. Hace dos años ni siquiera te podía enseñar esto. Entonces, este, sí tiene que ver el tema de propiedad intelectual, pero por el área en la que yo estoy. En otros sectores a lo mejor sí puede haber como que clubes. Sí puedo trabajar en conjunto, ahí no hay tanto problema, en el mercado en el que yo estoy, es muy proteccionista. En ese caso yo sí estoy completamente solo aquí, y no nomás en Sonora, a nivel México. Si acaso somos unos diez se me hacen muchos, en todo el país.

20. ¿Te consideras una persona curiosa?

Sí.