



Maestría en Economía, Gestión y Políticas de la Innovación

Idónea Comunicación de Resultados

“Desarrollo de un modelo conceptual de simulación a partir de la metodología basada en agentes para analizar las relaciones que constituyen la movilización de conocimiento: El caso de diabetes en México.”

Diana Montserrath Mojica Hernández

Asesor: José Miguel Natera Marín

Xochimilco, Ciudad de México

Noviembre, 2020

Agradecimientos

Este trabajo es el resultado de una travesía entre mis anhelos y esperanzas, pero también ha sido un reto a mi conocimiento y capacidades para analizar un problema de la realidad. En el mismo presento lo que significó para mí concluir mis estudios de maestría y sobretodo lograr la integración de mi formación académica y personal para desarrollar un trabajo que brinde herramientas que impulsen investigaciones dirigidas a solucionar problemas en México. En este proceso, conté con el apoyo, consejo, guía y motivación de diferentes personas e instituciones a las cuales quiero extender mi agradecimiento a continuación:

Agradezco a mi familia, especialmente mi madre y mis hermanos, por siempre ser un ejemplo de éxito; compartiendo día a día su vida, su tiempo y su constante interés en crecer. Gracias por los valores, las lecciones, el apoyo, el entendimiento y el amor incondicional.

Agradezco a Fernando por motivarme desde el principio a querer más y buscar siempre la forma de ver lo positivo de las cosas, por su amor y por todo el apoyo que me ha brindado.

Agradezco a la Universidad Autónoma Metropolitana y en específico a la Unidad Xochimilco, sus profesores, alumnos y programas de estudio; gracias porque desde el momento que fui aceptada en el programa de maestría encontré las herramientas y facilidades para culminar mi formación profesional y académica. Agradezco también al CONACYT por el apoyo financiero durante dos años, mismo que me permitió enfocarme en mis estudios.

Agradezco a los profesores de la MEGI, por el conocimiento brindado, los retos para los trabajos finales, la presión y su interés para que aprendiéramos. De igual forma, a todos mis compañeros de generación por compartir sus experiencias, conocimientos, enfados, frustraciones y su tiempo para desarrollarnos como profesionistas. Agradezco especialmente al Dr. José M. Natera por su guía, conocimiento y apoyo incondicional durante el desarrollo de este trabajo y sobre todo por su impulso constante e interés en desarrollar un trabajo no sólo de valor académico, sino impulsado por una preocupación real. Agradezco a mis lectores por su tiempo e interés en mi proyecto, sus aportaciones y apoyo por lograr un mejor trabajo. Agradezco a todos mis amigos y compañeros de aventura, por entender mis preocupaciones, escucharme e impulsarme a seguir con mis sueños. En especial a Cristina, Iza y Emilio, porque aunque es poco el tiempo que compartimos logramos una amistad fuerte y sólida, gracias por hacer más fácil el camino y por aligerar la carga.

A todos, ¡gracias!

Dedicatoria

A mi madre y hermanos, gracias por ser siempre mi pilar más fuerte.

A mi tutor, por insertar la curiosidad y el deseo por emprender mejores propuestas.

A los estudiantes futuros: no se conformen y busquen siempre más allá de sus capacidades.

Índice

AGRADECIMIENTOS	II
DEDICATORIA	III
ÍNDICE	IV
1 INTRODUCCIÓN	9
2 MARCO TEÓRICO	15
2.1 Diferentes aproximaciones a los sistemas de innovación en salud	15
2.2 Movilización de conocimiento basado en investigación	18
2.2.1 Discusión entre movilización y transferencia de conocimiento	18
2.2.2 ¿Qué es la movilización de conocimiento?	19
2.2.3 Proceso de movilización de conocimiento, con enfoque en la salud: caso diabetes en México	20
2.2.4 Parametrización de los agentes de la MoCBI como red	23
2.1 Distancias entre los agentes: enfoque en el proyecto DARE	24
3 PROCESO MOCBI VISTO DESDE LA PERSPECTIVA DE DISTANCIAS DARE	26
3.1 Proyecto DARE como referencia de análisis del proceso MoCBI	26
3.2 Análisis del proceso MoCBI a partir de la intersección de dimensiones analíticas y la perspectiva de distancias	28
4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN Y METODOLOGÍA	34
4.1 Análisis de redes para el entendimiento del proceso MoCBI	34
4.2 Modelo de Simulación Basados en Agentes (ABM)	35
4.2.1 Modelos de Simulación	35
4.2.2 Naturaleza de los ABM	36
4.2.3 Diseño e implementación de un ABM	37
4.2.4 Verificación, calibración y validación de los ABM	39
4.2.5 Ventajas de los modelos ABM	40
4.2.6 Clasificación de los modelos ABM	41

4.3	Validación metodológica.....	42
5	MODELO SIENA COMO BASE PARA EL ANÁLISIS DE LA MOCBI EN EL CASO DE LA DIABETES EN MÉXICO.....	45
5.1	Características de SIENA.....	46
5.1.1	Entrada de la descripción de datos básicos.....	46
5.1.2	Especificación del modelo.....	48
5.1.3	Estimación de los valores de los parámetros mediante simulación estocástica	49
5.2	Modelo de gráfico aleatorio exponencial (ERGM)	50
5.2.1	Forma general del modelo ERGM	51
5.2.2	Marco general para la construcción de modelos	51
5.3	Aplicaciones del modelo SIENA	54
5.4	Aplicaciones del modelo SIENA-ERGM en Salud.....	59
6	ANÁLISIS DE LAS FUENTES DE INFORMACIÓN	63
6.1	Descripción detallada del problema a modelar	64
6.2	Descripción y caracterización de los agentes involucrados en el sistema	64
6.2.1	Caracterización de los agentes: principales y secundarios	64
6.2.2	Descripción de los agentes- Nodo principal: Investigadores	66
6.3	Descripción de los datos básicos	67
6.3.1	Variables ligadas al actor o individuales	68
6.3.2	Covariables diádicas y variables cambiantes	71
6.4	Especificación del modelo ERGM	71
6.4.1	Desarrollo del modelo conceptual	71
6.4.2	Identificación de las principales relaciones entre agentes: las distancias.....	79
6.4.3	Flujos del proceso MoCBI con respecto a las distancias	85
6.5	Modelo conceptual multinivel	90
6.6	Propuesta perspectiva DARE	96
7	CONCLUSIONES	99
7.1	Retos encontrados en el desarrollo de la investigación.....	100
7.2	Alcances y limitaciones de la investigación.....	101

7.3	Reflexión final y posible agenda futura.....	103
7.4	Principales aportaciones en mi formación profesional.....	104
8	BIBLIOGRAFÍA	104
	ANEXO A. ANÁLISIS ENTRE LOS ESTUDIOS DE INNOVACIÓN EN SALUD Y LAS DISCIPLINAS DE SALUD	114
i.	Modelo de estudios de innovación en salud.....	114
ii.	Modelos de innovación para el uso de conocimiento en salud.....	117
iii.	Dimensiones entre estudios de innovación de salud y disciplinas de salud	121
	ANEXO B. ENTRADA DE LA DESCRIPCIÓN DE DATOS BÁSICOS.....	123
i.	Archivos de entrada “Dígrafo”.....	123
ii.	Valores estructuralmente determinados.....	123
iii.	Covariables diádicas	123
iv.	Covariables individuales	123
v.	Interacciones y transformaciones diádicas de covariables	124
vi.	Variables de acción dependientes.....	124
vii.	Datos faltantes	125
viii.	Cambio de composición	125
ix.	Centrado	126
	ANEXO C. ESPECIFICACIÓN DEL MODELO	128
i.	Efectos estructurales importantes para la dinámica de la red	128
ii.	Efectos para la dinámica de red asociada con covariables	130
iii.	Efectos sobre la evolución del comportamiento	130
iv.	Modelos de gráficos aleatorios exponenciales	131
v.	Efectos de interacción adicionales	132

vi. Tipo de modelo.....	132
ANEXO D. ESTIMACIÓN DE LOS VALORES DE LOS PARÁMETROS MEDIANTE SIMULACIÓN ESTOCÁSTICA.....	135
i. Algoritmo.....	135
ii. Verificación de convergencia	135
iii. Otras pruebas de verificación.....	136
iv. Simulación del modelo con valores de parámetros fijos y dados	136
ANEXO E. ESTIMACIÓN DE LOS VALORES DE LOS PARÁMETROS MEDIANTE SIMULACIÓN ESTOCÁSTICA.....	138
i. Se propone hipótesis de dependencia, que define contingencias entre las variables de red	138
ii. La hipótesis de dependencia implica una forma particular al modelo	138
iii. Simplificación de los parámetros a través de la homogeneidad u otras limitaciones 140	
iv. Estimar e interpretar los parámetros del modelo.....	141
ANEXO F. FLUJOGRAMAS POR FASE DEL PROCESO MOCBI DESDE LA INTERACCIÓN DE LOS AGENTES	142
ANEXO G. MATRICES DE RELACIONES ENTRE AGENTES.....	145
<i>Tabla de cuadros</i>	
Tabla 1 Características de la MoC	21
Tabla 2 Etapas y agentes en el proceso de la MoCBI.....	23
Tabla 3 Definición de distancias de acuerdo a proximidades de Boschma 2005	26
Tabla 4 MoCBI desde la perspectiva de distancias y dimensione analíticas P. 1	32
Tabla 5 MoCBI desde la perspectiva de distancias y dimensione analíticas P. 2.....	33
Tabla 6 Aplicaciones del modelo SIENA	56
Tabla 7 Aplicaciones de SIENA-Salud P.1.....	61
Tabla 8 Aplicaciones SIENA-Salud P.2.	62
Tabla 9 Función del investigador (agente) dentro del proceso MoCBI.....	74

Tabla 10 Matriz de relaciones entre los investigadores y otros agentes en el proceso MoCBI	77
Tabla 11 Matriz de relaciones con respecto a la perspectiva DARE	84
<i>Tabla de Figuras</i>	
Figura 1 Esquema movilización del conocimiento basado en la investigación	23
Figura 2 Ejemplo de matrices de adyacencia con respecto a los agentes para el proceso MoCBI	68
Figura 3 Flujograma del proceso MoCBI desde una perspectiva de agentes	69
Figura 4 Flujograma del proceso MoCBI- Distancia Cognitiva- Funciones de los agentes	86
Figura 5 Flujograma del proceso MoCBI- Distancia Institucional- Funciones de los agentes	87
Figura 6 Flujograma del proceso MoCBI- Distancia geográfica- Funciones de los agentes	88
Figura 7 Flujograma del proceso MoCBI- Distancia Social- Funciones de los agentes.....	89
Figura 8 Flujograma del proceso MoCBI- Distancia Organizacional- Funciones de los agentes.....	90
Figura 9 Flujograma proceso MoCBI-Perspectiva DARE-Entradas y Salidas Principales.	94
Figura 10 Flujograma proceso MoCBI-Perspectiva DARE-Entradas y Salidas Completo.	95
Figura 11 Identificación del flujograma "Proceso MoCBI-perspectiva DARE-Entradas y salidas-Principales-Completo"	96
Figura 12 Diagramas de fases del proceso MoCBI con respecto a perspectiva de distancias	97
Figura 13 Ejemplos de Diagramas de Venn sobre distancias	98
Figura 14 Diagramas de Venn sobre distancias	98

1 Introducción

En muchos países latinoamericanos, México incluido, existe un esfuerzo por minimizar los desafíos en cuanto a salud, pobreza, desigualdad, educación, entre otros; mismos que afectan directamente al desarrollo. No obstante, aliviar un problema de esta índole requiere de un esfuerzo coordinado que permita la convergencia simultánea de diversas fuentes de conocimiento, tecnologías, agentes e instituciones con un enfoque sistémico y multidisciplinario.

Una de las principales dificultades para avanzar en el análisis y comprensión de estos desafíos es la falta de enfoque sistémico al tratar de solucionarlos, ya que no se termina de contemplar a los agentes, las características y las relaciones que los integran (Barabási & Albert, 1999) complejizando la definición sobre los procesos y estructura en la que se desenvuelven y, por ende, las herramientas necesarias para sus soluciones, entre ellas las que ofrece la *Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI)*.

La CTI comprende fenómenos de alto nivel de complejidad, involucrando la acción coordinada de varios agentes económicos y sociales (tanto públicos como privados), con la finalidad de generar valor y conocimiento. Sin, embargo, hasta el momento nuestro entendimiento sobre sus características principales es limitado, principalmente por la heterogeneidad de actividades que se engloban en la noción de innovación, así como el número y características de los agentes involucrados en este proceso; como se menciona en Dutrénit *et al.*, (2010), “el entendimiento de la innovación depende de la articulación, las relaciones y el análisis de los diferentes agentes que la integran”.

Sin embargo, esta complejidad en el análisis de la innovación se ha trabajado desde diferentes perspectivas. Freeman (1987), Lundvall (1992) y Nelson (1993) proponen el concepto de *Sistema de Innovación (SI)*, formando parte fundamental para el estudio y comprensión de la innovación desde una perspectiva sistémica; además de ser utilizado como una herramienta para el diseño e implementación de las Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación (PCTI) en diferentes contextos nacionales (Dutrénit *et al.*, 2010). Para fines de este trabajo, nos enfocaremos en primera instancia en el sistema de innovación con una perspectiva nacional, es decir, en el Sistema Nacional de Innovación (SNI), englobando al conjunto de agentes,

instituciones y relaciones que se encuentran vinculados a la actividad innovadora dentro de una nación.

El SNI mexicano se reconoce que cuenta con la mayoría de los agentes reportados en los SNI de otros países desarrollados; sin embargo, sus características muestran que aún se encuentra en desarrollo. No obstante, en Dutrénit *et al.*, (2010) se identifican como principales agentes que lo integran a: *Organismos e Instituciones Gubernamentales, Centros e Institutos Públicos de Investigación (CPI), Instituciones de Educación Superior (IES), Empresas, Instituciones Intermedias e Instituciones Financieras.*

Si el objetivo es el obtener los beneficios de la CTI, es necesario abordar las fallas que el SNI mexicano pueda presentar, ya sean de mercado, sistémicas e institucionales. En este sentido, diversos autores enfatizan que las fallas más representativas se reflejan en las relaciones entre agentes, es decir, las fallas sistémicas (UNCTAD, 2017), mismas que identifican las dificultades para que los agentes interactúen. De esta forma se ha reconocido que algunos agentes actúan prácticamente de forma aislada dentro del sistema. Además, se requiere reconocer la ausencia de vínculos regulares o densos con los agentes generadores de conocimiento que integran al SNI mexicano (Dutrénit *et al.*, 2010): la mayoría de las interacciones fuertes y densas tienen lugar entre instituciones públicas y las generadoras de conocimiento. Sin embargo, esta vinculación no se ve reflejada de la misma forma con el sector productivo, el gobierno, las instituciones intermedias y las instituciones financieras, debilitando el desarrollo de la innovación en México. Si no se construyen relaciones y vínculos que sean fuertes, densos y regulares, los agentes individualmente y el sistema en su conjunto no se desarrollarían de manera adecuada, impactando negativamente en el desempeño innovativo y competitivo de la red y por tanto de las economías (Dutrénit *et al.*, 2010).

Estas fallas sistémicas son muy relevantes cuando se trata de problemas sociales, estrechamente vinculados al desarrollo, como son los problemas de salud. En general, la discusión existente entre la salud y el desarrollo de un país sugiere la necesidad de entender mejor los procesos causales y las interacciones que se encuentran establecidas en las esferas de salud, riqueza y bienestar. Hasta el momento, se han estudiado y sentado las bases para el diseño e implementación de políticas públicas enfocadas a algunas de estas dimensiones. No

obstante, el enfoque no ha sido integral; una muestra de esto se ve reflejada en el caso de salud en países en desarrollo (Natera et al., 2019).

La falta de enfoque en cuanto a la caracterización y análisis de las relaciones, así como de los agentes involucrados en este complejo problema, ha limitado el alcance de las soluciones propuestas desde la CTI. Un ejemplo claro se encuentra en la falta de información sobre la vinculación entre la academia y el sector salud, del cual no se ha logrado un consenso sobre la heterogeneidad de la relación entre ambos, los agentes que lo integran y la dinámica de innovación que desarrollan, limitando con esto el análisis y solución del problema.

Uno de los principales obstáculos para lograr el establecimiento de prioridades y la aplicación de políticas de CTI enfocadas a la salud está relacionado con la débil interacción entre los agentes y agencias involucradas en el diseño, gestión y aplicación de políticas de CTI con los responsables de las políticas de salud (Lehoux et al., 2008). De acuerdo con Natera *et al.*, (2020), se cree que esto puede estar estrechamente relacionado con la ausencia de vínculos densos entre: los estudios de innovación y las disciplinas de la salud. Por un lado, los estudios de innovación se han centrado en la generación de productos y servicios dirigidos a la solución de problemas de salud, con una tendencia indirecta a descuidar las actividades que no cumplan con los mecanismos de mercado. Por otro lado, las disciplinas de la salud tienen un enfoque en generar conocimiento intensivo y su traslación (con una tendencia hacia las implementaciones de modelos lineales) para la mejora de las condiciones de vida. Para la problemática de salud en México, fomentar el análisis con un enfoque sistémico, que integre estas perspectivas, permitiría conocer los diferentes agentes, niveles y relaciones, además de orientar una solución en términos de políticas públicas integrales (Natera et al., 2020).

En México, han surgido diversas corrientes de pensamiento que buscan entender la vinculación entre actividades de CTI y las agendas nacionales de desarrollo; particularmente investigadores como: Natera (2017), Rojas (2016; 2018), Vera-Cruz (2016), entre otros; han experimentado y avanzado en esta investigación, con el objetivo de comprender mejor las interacciones y vínculos entre los agentes generadores de conocimiento y los demandantes del mismo; además de buscar el entendimiento de los agentes inmersos en el área de la salud. Para lograr el entendimiento de la producción de conocimiento en la investigación de la diabetes, Natera *et al.*, (2019) analizaron los proyectos financiados con fondos públicos entre 2002 y 2014, en los cuales la mayoría no busca la aplicación de “altos niveles de uso del

conocimiento”. Se resalta que el conjunto de políticas de CTI en México coloca una cantidad representativa de incentivos para la investigación básica, sin tener suficientes mecanismos para orientar el conocimiento generado en la solución de desafíos nacionales. Esto refleja una clara necesidad por reorientar los fondos y apoyos públicos, para lograr una vinculación entre la generación del conocimiento y su aplicación en la sociedad.

Lograr una vinculación efectiva entre la academia y el sector salud, proveería de capacidades a los agentes; impulsando la generación, movilización y aplicación del conocimiento, - proceso mejor conocido como “Movilización del Conocimiento Basado en Investigación (MoCBI)”-, y en conjunto con políticas y prácticas en salud, la aplicación como parte de la solución a los problemas de salud latentes en el país, como es el caso de la diabetes (Rojas & Natera, 2019).

El caso de la diabetes

En el año 2015 México era el sexto país con mayor número de personas con diabetes en todo el mundo, representando un grave problema de salud pública y evidenciando una alta prevalencia con respecto al alto número de personas enfermas, además de ser un factor de incremento en los índices de mortalidad y significar altos costos para el país. Por estas razones, se considera que la búsqueda y generación de conocimiento aplicadas al sector salud es esencial para generar herramientas que permitan combatir problemas de esta índole (Rojas & Natera, 2019).

Para el 2018, la diabetes representó casi una décima parte del gasto total en prevención y atención de enfermedades, dentro del gasto de egresos de la federación (SHCP, 2018), resaltando que el presupuesto destinado a su atención es mayor al asignado para desarrollo social (0,39%) o el gasto federal en ciencia y tecnología (2.33%). La provisión de esa cantidad de recursos se considera un problema insostenible para el sistema de salud mexicano, impidiendo la diversificación del gasto en otros desafíos referentes a la salud (Rojas et al., 2018).

A partir del estudio realizado por Natera *et al.*, (2019) referente a la financiación pública de proyectos de investigación sobre la diabetes, otorgados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), se sugiere que México necesita un programa de investigación de la diabetes mejor orientado y con objetivos claros, que involucre en sus bases el equilibrio

entre la investigación básica y aplicada al problema. Sin embargo, las iniciativas del gobierno federal para prevenir y controlar la diabetes, así como las investigaciones de la comunidad académica, parecen ser insuficientes para articular la producción, transmisión, uso y aplicación de conocimiento científico y tecnológico en favor de la solución a este problema; abriendo un llamado a desarrollar y aplicar de instrumentos más finos en cuestión de política pública.

La diabetes es vista como un problema complejo, en el cual existen muchos factores que influyen en su aparición y existencia, sin embargo estos no son los únicos determinantes de que un paciente la padezca o no (Hernández-Romieu et al., 2011). La evidencia actual muestra su multifactorialidad al tener influencia desde factores biológicos, sociales, hereditarios, genéticos, así como factores ambientales (alimentación, hábitos, costumbres, alcohol, estrés, etc.) (Rojas et al., 2018). Además la falta de mecanismos, protocolos, acciones y tratamientos multidisciplinarios, representan los principales obstáculos para garantizar el buen control de las personas que viven con diabetes y como tal de la enfermedad (Gómez et al., 2015). Por esta razón, se requiere múltiples enfoques y disciplinas para su análisis, prevención, diagnóstico y tratamiento, representando una oportunidad para que la CTI desde un enfoque integral y complejo busque las soluciones a esta problemática (Rojas et al., 2018; Schinca, 2009).

ABM como alternativa para este caso

En esta investigación se plantea abordar el problema de la diabetes en México a partir del entendimiento y análisis de los agentes y las relaciones que describen la MoCBI. Sin embargo, será indispensable desarrollar un modelo explicativo que describa el comportamiento de este fenómeno tan complejo. Para lograr esto, se requiere un conocimiento suficiente del problema, que permita lograr la definición de los agentes, sus características y sus interacciones, de manera que se pueda integrar la metodología de simulación basada en agentes (ABM), específicamente y de acuerdo con el enfoque en agentes el tipo de ABM a utilizar será *Simulation Investigation for Empirical Network Analysis (SIENA)*.

A lo largo de este proyecto, se buscará sentar las bases para lograr el diseño conceptual de un modelo de simulación que aplique SIENA, favoreciendo la comprensión de los aspectos determinantes en las relaciones de la MoCBI, y generando una herramienta para conocer las

implicaciones que tienen las relaciones entre la academia y el sector salud en el caso de la diabetes en México.

Objetivo y pregunta de investigación

La presente investigación girará en torno a la siguiente interrogante:

¿Cuáles son las características de un modelo que permita analizar las relaciones de la Movilización de Conocimiento Basado en Investigación (MoCBI) en el caso de la diabetes en México, desde una perspectiva de modelo basado en agentes?

A partir de esta pregunta de investigación, el objetivo que se persigue plantear es: Diseñar conceptualmente un modelo que permita entender y analizar las relaciones que constituyen la MoCBI para el caso de diabetes en México, desde la perspectiva de simulación basada en agentes.

A continuación se detallan los objetivos específicos del trabajo:

- Analizar los fundamentos teóricos que permitan entender las relaciones de la MoCBI en el caso de diabetes en México;
- Identificar los elementos claves que determinan las relaciones de la MoCBI para el caso de la diabetes en México;
- Definir y caracterizar las relaciones de la MoCBI como base para la elaboración conceptual del modelo ABM.

Para cumplir con los objetivos propuestos anteriormente, luego de esta introducción, el trabajo se encuentra dividido en varios capítulos en los que se lleva a cabo el desarrollo del modelo conceptual planteado en el objetivo principal. En el segundo capítulo se hace una revisión de las principales líneas de investigación inmersas en esta investigación, recorriendo desde la noción de los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI), el debate entre transferencia de conocimiento y el término de la Movilización de Conocimiento Basado en Investigación (MoCBI) y el rol que juega DARE con la aproximación de distancias dentro de éstos. En el tercer capítulo, se muestra la primera propuesta de cruce entre la metodología propuesta y la aportación del proyecto DARE. Siguiendo con el cuarto capítulo, en el que se profundiza la metodología a implementar, a partir de una revisión de las características, necesidades de información, naturaleza, ventajas y clasificación de los modelos de simulación basados en agentes, identificando sus implicaciones y contribuciones para la presente investigación. En el quinto capítulo se presentan las características específicas para desarrollar un modelo tipo

SIENA, y de acuerdo con las fuentes de información disponibles la adecuación al modelo de gráfico aleatorio exponencial (ERGM). En el sexto capítulo se sintetizan los planteamientos estilizados para la elaboración de un modelo conceptual de simulación SIENA-ERGM, a partir del análisis de las fuentes de información utilizadas en la investigación, identificando y caracterizando a los agentes del sistema, los tipos de variables ligadas al actor y la especificación de las bases del modelo conceptual. Por último en el séptimo capítulo se presentan las conclusiones, retos, limitantes, aportaciones y una reflexión final de nuestra investigación.

2 Marco Teórico

2.1 Diferentes aproximaciones a los sistemas de innovación en salud

Diversos autores como Lundvall (1992), Freeman (1987), entre otros, han desarrollado un marco sobre la importancia de los SNI, que además de permitir una perspectiva sistémica y estructurada de los agentes, busca entender las relaciones y características que los definen. Esto ha generado un entendimiento sobre cómo la CTI tiene lugar en diferentes contextos y de qué forma se relaciona con los procesos de desarrollo de un país (Natera et al., 2020).

Por un lado, Consoli y Mina (2009), desarrollaron las propiedades generales de los procesos de innovación dentro del sector salud, a partir de una revisión de diferentes perspectivas y métodos de investigación para comprender la influencia del cambio técnico en la salud. Proponen el concepto “Sistema de Innovación en Salud (SIS)”, el cual busca entender el enfoque evolutivo como cambio en el sector salud (Consoli & Mina, 2009). El enfoque de SIS es un tema reciente, pero de gran importancia; por esta razón, en el trabajo de Natera *et al.*, (2020), se realizó un análisis sobre las complementariedades y aproximaciones entre los estudios de innovación y las disciplinas de la salud, identificando: una tendencia de los SIS hacia la generación de productos y servicios y la falta de mecanismos para la aplicación del conocimiento como solución a problemas específicos.

Por otro lado, Hanlin y Andersen (2019) describen un marco mejor conocido como 4F (por funciones, forma, campo y flujo, en inglés) para analizar los principales obstáculos que vinculan la producción y aplicación de conocimientos en el ámbito de la salud en los países en desarrollo. Proporcionando un medio para pasar de la construcción de "sistemas de salud y bienestar" a centrarse en "sistemas de construcción de competencias en el ámbito de la

salud y el bienestar". De esta forma, generan una manera de identificar dónde enfocar la política, con el fin de fortalecer los flujos de conocimiento y aprendizaje existentes y estimular los nuevos para el desarrollo de los sistemas.

Por último, encontramos una visión de sistemas de innovación con enfoque en la resolución de problemas, donde “Sistema de Innovación Orientado a Problemas (SIP)” se define de la siguiente forma:

“SIP es una red de agentes en los diferentes sistemas tecnológicos, sectoriales y sociales de innovación (subsistemas), así como sus interacciones y colaboraciones, con el objetivo de la utilización y difusión de conocimientos y tecnología para resolver un problema socio-técnico en una sociedad particular. Donde un SIP tiene dimensiones económicas y sociales, creando valor económico y social” (Ghazinoory et al., 2020).

Como vimos en los enfoques anteriores, se han desarrollado diversos marcos que permiten aproximar un estudio sobre SI, desde las características y resultados esperados en el análisis. No obstante, estos pueden ser complementados de forma sistemática cuando se requiere evaluar un problema macroeconómico. Por esta razón, en este proyecto se tomará en cuenta la visión de SIS, considerando las características de un SIP, es decir, que puede incluir una red de agentes e interacciones que integran los diferentes sistemas de innovación, desde tecnológicos por la importancia de éstos para la solución de problemas de salud, hasta sectoriales considerando que la salud integra diversos sectores industriales y sociales, con énfasis en el desarrollo de innovación con objetivos sociales para los usuarios y beneficiarios de la salud. De esta forma se busca que los resultados de la aplicación de esta visión generen valor tanto económico como social, además de tener como objetivo medible lograr la disminución del problema de diabetes en México.

Además cabe resaltar que la visión con la que se estudiará este problema requerirá de un enfoque integral y complejo, dadas las características de las disciplinas de salud, en las cuales encontramos para nuestra investigación la intersección de diversas ramas como: la química, la biología, las ciencias médicas, la epidemiología, entre otras. Ascendiendo gradualmente a la comprensión del conjunto, y por tanto complejizando su estudio (Betancourt & Ramis, 2010). Para ver los argumentos detrás de estas afirmaciones ir a Anexo A.

En la actualidad, existen muchas formas de caracterizar un SI dependiendo de su alcance, contexto y enfoque, en Natera *et al.*, (2017) se han identificado cuatro dimensiones analíticas que es necesario considerar para lograr la caracterización de un SI en un contexto.

1. Agentes que integran el SI como unidad de análisis;
2. Las relaciones o interacciones que se llevan a cabo entre agentes;
3. El proceso de aprendizaje;
4. El marco institucional.

Además, en Natera *et al.*, (2020) se proponen las siguientes características para las cuatro dimensiones: en los agentes se busca reconocimiento del sector público, el sector productivo, la comunidad científica, y los proveedores de servicios de salud, además de definir dos agentes involucrados en la dinámica del sector salud: los usuarios y beneficiarios del conocimiento; en términos de interacción, es recomendable contemplar las asimetrías institucionales y de capacidad; la comprensión del proceso debe basarse en modelos específicos de las actividades de salud y los procesos de aprendizaje, utilizando los mecanismos de mercado y la validación desde otras perspectivas de no mercado; desde el marco institucional, se propone la consideración de las instituciones formales e informales que permitan conocer las regulaciones y los fondos de apoyo para las actividades productivas. Para conocer más sobre las dimensiones de análisis ir a Anexo A.

De acuerdo con el análisis anterior, encontramos los agentes que integran ambos enfoques, convergiendo en dos principalmente: (i) la comunidad científica, donde se incluyen las IES, CPI e instituciones de investigación, institutos de salud y hospitales de investigación; y (ii) los proveedores de servicios de salud, es decir, hospitales, centros de cuidados médicos y laboratorios. Además de reconocer la participación del sector público, en el que los hacedores de políticas juegan un papel central, y el sector productivo, principalmente empresas, donde se necesitan las capacidades para transformar los resultados del conocimiento de la salud en productos y servicios.

Cabe resaltar la participación de *los usuarios finales*, vistos como: usuarios y beneficiarios de conocimiento. Identificados como aquellos agentes que aplican y dan uso al conocimiento de la salud y los agentes que aumentan su estado de bienestar gracias a la aplicación del conocimiento de la salud respectivamente (Natera et al., 2020).

2.2 Movilización de conocimiento basado en investigación

2.2.1 Discusión entre movilización y transferencia de conocimiento

De acuerdo con Teece (1977), una forma de estudiar los intercambios internacionales tanto de tecnologías como de variaciones del conocimiento generado en una nación es a través de la transferencia de tecnología. La cual se utilizó para analizar los intercambios comerciales a un nivel de agregación macro. Sin embargo, esta visión dejó de lado, la atención al intercambio de conocimientos tácitos implícitos, su uso y aplicación en la tecnología. Además, es indispensable considerar a la transferencia del conocimiento y de tecnología como inseparables, ya que representan también la adopción de capacidades sobre el uso, entendimiento y su aplicación (Sahal, 1981).

La transferencia de conocimiento constituye el eje central del papel de las universidades como agentes de desarrollo económico y social, al contribuir a la mejora de las capacidades de innovación y por ende la competitividad (Testar, 2014). Recientemente se ha criticado este concepto, por considerar que simplifica la realidad donde no se puede ver de forma directa las implicaciones de las relaciones económicas y sociales; además de los procesos tan complejos que las caracterizan (Davies et al., 2016); propiciando la aparición de distintas alternativas conceptuales que buscan explicar de forma integrada la complejidad de estos fenómenos.

Desde el enfoque de redes de innovación (Gilbert et al., 2014), se desarrolló una perspectiva sistémica, donde la convergencia de los diferentes recursos vinculados al fenómeno impulsa el desarrollo de nuevas innovaciones. Además, desde las redes de conocimiento se desarrolla la construcción del sistema a través de vínculos estrechos y profundos que permiten el intercambio, producción y orientación del conocimiento de acuerdo a objetivos comunes (Casas, 2003). De esta forma se permite la ampliación y discusión sobre la transferencia de conocimiento, hacia un concepto que se aproxime mejor a la realidad, con características dinámicas y adaptables.

De esta forma, surge desde las ciencias sociales, el concepto *Movilización de Conocimiento (MoC)*, el cual parece cumplir con los requerimientos ignorados por la transferencia de conocimiento. Este término fue impulsado por el Consejo de Investigación de las Ciencias Sociales y Humanidades de Canadá (SSHRC); no obstante, en la actualidad ha sido estudiado

por diversas disciplinas, como son: las ciencias sociales (Naidorf & Perrotta, 2015), la educación (Fenwick & Farrell, 2013) y la salud (Davies et al., 2016), reflejando una alternativa para lograr la representación del proceso de intercambio de conocimiento entre agentes de forma bidireccional. Sin embargo, este concepto plantea un flujo recíproco y complementario de conocimientos basados en investigación entre investigadores, agentes de conocimiento y usuarios del conocimiento. Esta circulación del conocimiento considera de forma positiva para quienes participan y puede conducir a beneficios concretos en la transformación de conocimiento en prácticas (Rojas & Natera, 2019).

2.2.2 ¿Qué es la movilización de conocimiento?

Derivado de la discusión anterior entre el término de transferencia de conocimiento y su evolución hacia el concepto de MoC, en este trabajo nos enfocaremos en el segundo, ya que al ser resultado de un trabajo interdisciplinario entre ciencias sociales y ciencias de la salud, permite una comprensión más amplia de los procesos de producción, circulación y uso del conocimiento.

A continuación presentamos una definición brindada por el SSHRC para el término MoC:

“...el flujo y consumo recíproco y complementario del conocimiento entre investigadores, movilizadores de conocimiento y usuarios del conocimiento -tanto dentro como fuera de la academia- de tal manera que pueda beneficiar a los usuarios y crear impactos positivos dentro y fuera de Canadá y por último, tiene el potencial de mejorar el perfil, alcance e impacto de la investigación en ciencias sociales y humanidades...”(SSHRC, 2020).

Con la definición anterior se percibe el alcance del término, marcando una diferencia significativa con respecto a la transferencia de conocimiento, cabe resaltar la relevancia de las condiciones sociales e institucionales en las que tiene lugar, el dinamismo y las diversas formas de lograr la vinculación entre agentes. No obstante, el conocimiento movilizado puede ser resultado de la investigación, la educación formal o resultado de la experiencia mediante hacer, usar o interactuar (Jensen et al., 2007).

Finalmente, desde la propuesta de MoC se reconoce que el conocimiento basado en investigación coexiste con conocimientos tácitos y distintas epistemologías, donde los flujos de conocimiento son, por lo tanto, bidireccionales y susceptibles de retroalimentación.

2.2.3 Proceso de movilización de conocimiento, con enfoque en la salud: caso diabetes en México

Para el caso de México y específicamente el problema de la diabetes, se han desarrollado diferentes perspectivas que permitan integrar el concepto de MoC, transformando el conocimiento científico de la salud, en acciones e intervenciones que permitan mejorar la salud de la población en diferentes contextos. Por ello, reducir o sortear las brechas entre la investigación en salud y su aplicación práctica constituye un objeto de estudio y un campo atractivo de intervención (Rojas & Natera, 2019).

Anteriormente se desarrolló un análisis sobre los diferentes modelos de estudios de la innovación y sus similitudes y complementariedades con las disciplinas de salud, además se realizó la revisión del concepto movilización de conocimiento dentro del sector salud, donde se ha utilizado considerando tres actividades clave para el proceso:

- (i) producción de nuevo conocimiento científico y tecnológico,
- (ii) movilización, y
- (iii) utilización práctica de los resultados en espacios como la toma de decisiones (de política o de comportamiento individual), la práctica médica y el desarrollo de nuevos o mejorados productos y servicios.

De esta forma, es necesario identificar las actividades desarrolladas por los investigadores académicos, así como su relación con las actividades desarrolladas por los agentes del sector salud, de manera que se logren distintos tipos de objetivos desde la búsqueda de conocimiento fundamental, hasta la obtención de resultados con relevancia económica y/o social, es decir, soluciones objetivas a problemas concretos.

Además, Rojas y Natera (2019) plantean un análisis sobre las características principales entre términos como: investigación traslacional, traslación del conocimiento y MoC:, concluyendo en la Tabla 1.

Tabla 1 Características de la MoC

	Mobilización del conocimiento
Definición principal	<ul style="list-style-type: none"> • Dar información basada en investigación a la gente correcta, en el formato correcto y en el momento correcto para influir en su toma de decisiones. La MoC incluye difusión, transferencia de conocimiento y traducción del conocimiento.
Objetivo central	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicación y mediación del conocimiento.
Modelo/concepción del proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo de flujos activos de conocimiento.
Punto de partida	<ul style="list-style-type: none"> • Definición de qué conocimiento se busca movilizar.
Rasgo distintivo	<ul style="list-style-type: none"> • Flujos de conocimiento (enfrentan barreras para la circulación del conocimiento).
Principal aporte	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce el carácter social de los procesos de creación, movilización y uso del conocimiento. • Integra la dimensión del poder como parte del análisis de contextos. <ul style="list-style-type: none"> • Define estrategias activas de MoC. • Define a mediadores del conocimiento como fundamentales para la construcción de capacidades para el uso del conocimiento.
Principales limitaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Puede centrarse únicamente en la comunicación de información basada en información, sin llegar a la aplicación. • Alta dependencia del desarrollo del SNI y la adopción de políticas para la MoC.

Fuente: (Rojas & Natera, 2019)

La propuesta de MoC está centrada específicamente en cómo lograr la comunicación, difusión, adopción y apropiación del conocimiento, además de considerar la especificidad de los contextos o el carácter político de las relaciones entre los agentes involucrados, así como otras características que permitan abordar el análisis. Al ser un enfoque tan amplio, permite englobar la investigación traslacional y la traslación de conocimiento, además de promover la circulación de flujos de conocimiento (Rojas & Natera, 2019).

De acuerdo, a las características sobre la MoC, así como su alineación con los procesos de generación de conocimiento, surge la propuesta de estudiar este proceso desde el enfoque de Conocimiento Basado en la Investigación integrando el concepto MoCBI. En la Figura 1 se

presenta el modelo propuesto por Rojas y Natera (2019) para el análisis de la MoCBI. En la misma, se observan las tres principales formas de generación de conocimiento:

- (i) Conocimiento basado en la experiencia;
- (ii) Conocimiento basado en la investigación;
- (iii) Conocimiento basado en la educación formal;

Sin embargo, el objetivo de este trabajo, se centrará en el segundo, el cual se encuentran en el centro del esquema, resaltando que estas fuentes de generación de conocimiento cuentan con una característica bidireccional o de retroalimentación entre los dos bloques principales situados a sus lados. Por un lado, tenemos el proceso de producción o generación de conocimiento, y por el otro la aplicación del mismo a partir de los procesos de detección de demanda del mercado.

En el caso de la MoCBI se busca entender desde el proceso de la generación del conocimiento, las interacciones necesarias para que haya flujo de este conocimiento y las posibilidades de aplicación en el mercado en problemas de salud. Cabe resaltar, que el modelo de la MoCBI, incluye entre sus agentes al sector productivo, lo que puede significar una ampliación de la perspectiva en cuanto a la transición del conocimiento y la validación por el mercado. Además, se muestra en la MoCBI, una superación a la linealidad de otros modelos que buscan la aplicación del conocimiento (como es el caso de los modelos de Investigación Traslacional), a partir de la integración de un proceso de retroalimentación entre las diferentes etapas del proceso (Godin, 2006).

La MoCBI, considera dos agentes principales: (i) la comunidad científica como un actor clave, donde se incluyen las IES, CPI e instituciones de investigación, institutos de salud y hospitales de investigación; y (ii) los proveedores de servicios de salud, es decir, hospitales, centros de cuidados médicos y laboratorios. Además de reconocer la participación del sector público, en el que los políticos juegan un papel central, y el sector productivo, en el que se necesitan las capacidades para transformar los resultados del conocimiento de la salud en productos y servicios.

Por último, tenemos a los agentes que consideraremos en el análisis de la MoCBI, los cuales han sido integrados a partir del análisis de los modelos de innovación en salud (Natera et al., 2020), donde por una parte encontraremos agentes determinados por la naturaleza de sus

acciones y participación en el sistema, mientras por otra encontramos los determinados por su relación con el uso/ aplicación del conocimiento como se muestra en la Figura 1.

Figura 1 Esquema movilización del conocimiento basado en la investigación



Fuente: (Rojas & Natera, 2019)

2.2.4 Parametrización de los agentes de la MoCBI como red

Para poder analizar el complejo proceso que engloba la MoCBI en el sector de la salud, es indispensable tener un enfoque sistémico y estructurado que refleje las características principales del proceso. En la Tabla 2, se muestra un breve resumen sobre los tipos de agentes involucrados en el proceso de MoCBI, identificados como clave para el desarrollo del proceso y las etapas donde se identifica su participación.

Tabla 2 Etapas y agentes en el proceso de la MoCBI

Etapas y agentes en el proceso la MoCBI		
Tipo de agentes	Etapas	Agentes

Por su naturaleza	1.- Descubrimiento en el laboratorio	Academia (IES, CPI) Centros de Investigación Hospitalarios
	2.- Generación de conocimiento basado en investigación	Institutos de Salud Laboratorios Institutos de Investigación
	3.- Conversión del conocimiento en resultados útiles y accesibles al mercado	Sector Productivo
	4.- Generadores de capacidades políticas y apoyos que impulsen la generación, el uso y aplicación del conocimiento	Hacedores de Políticas
	5.- Uso, explotación y distribución del conocimiento	Proveedores de Servicios de Salud
Por uso/aplicación del conocimiento	6.- Aplicación y uso del conocimiento	Usuarios del conocimiento: (creador de política, investigador, paciente) Beneficiarios del conocimiento: (población beneficiada de una política, comunidad científica, paciente)

Fuente: Elaboración propia a partir de (Rojas & Natera, 2019)

2.3 Distancias entre los agentes: enfoque en el proyecto DARE

DARE (Diversity Approach for Research Evaluation) es una propuesta desarrollada entre la Universidad de Sussex (Reino Unido) y la Universidad Politécnica de Valencia (España), la cual se enfoca en medir la evaluación de las iniciativas de investigación, especialmente mirando la interacción de los conocimientos fundamentales y aplicados a soluciones prácticas (University of Sussex & SPRU, 2020).

DARE combina el enfoque cualitativo y cuantitativo con una metodología mixta que mide las distancias entre los diferentes agentes, desde las siguientes perspectivas: cognitiva, institucional, organizacional, social y geográfica, de acuerdo a la propuesta de Boschma (2005). El objetivo es describir tales interacciones cuando la investigación busca atender las demandas de conocimiento de los problemas sociales. Sin embargo, esta propuesta fue desarrollada en un contexto europeo, donde las capacidades de los agentes y sus instituciones distan mucho de los contextos que se tienen en países en desarrollo, como es el caso de México.

En el presente documento se pretende utilizar la experiencia de DARE como una referencia complementaria para lograr el cumplimiento del objetivo planteado desde su inicio, a partir de la descripción y análisis de las relaciones que constituyen la MoCBI desde la perspectiva de distancias, cohesión y diversidad (Boschma, 2005; Hopkins, 2019). Por esta razón, se pretende conocer y determinar el comportamiento y características que dan sentido al proceso MoCBI, así como las interacciones y vínculos entre los agentes inmersos, definiendo la fuerza, densidad y el sentido de las mismas.

Anteriormente definimos la movilización de conocimiento y tres etapas del mismo, desde la generación, transmisión, hasta su uso y aplicación, de forma que el término “móvil” nos permite analizar el flujo de conocimiento que se da entre un agente y otro. Cuando hablamos de movilización, podemos intuir con una perspectiva de redes, que las relaciones entre agentes, pueden ser vistas como distancias o proximidades, de manera que puedan ser parametrizables. Una forma de parametrizar las distancias entre los diferentes agentes involucrados en una red es a partir de la propuesta de Boschma (2005), misma que busca determinar el impacto de la proximidad geográfica, cognitiva, organizacional, social e institucional en el aprendizaje interactivo y la innovación (Véase Tabla 3).

Finalmente, los límites no son simplemente divisiones que están presentes o ausentes, sino distancias en estas cinco dimensiones, donde los agentes son más o menos cercanos entre sí. Además, se presentan una serie de mecanismos que ofrecen, por sí mismos o en combinación, soluciones a los problemas de coordinación y bloqueo, donde la ausencia de proximidad se convierte en un obstáculo para la generación o transferencia de conocimiento, mientras que la creación de proximidad reduce esas barreras. En la Tabla 3 se presenta una definición de

acuerdo con Boschma (2005) de cada una de las distancias definidas como eje de análisis para los vínculos del proceso MoCBI.

Tabla 3 Definición de distancias de acuerdo a proximidades de Boschma 2005

Distancia geográfica (DG)	Se refiere a la distancia física entre los agentes. La colocación espacial facilita el intercambio de conocimientos que son complejos o difíciles de transferir.
Distancia cognitiva (DC)	Se refiere a la medida en que los agentes comparten una base de conocimiento similar. Es indispensable cierto grado de proximidad para el aprendizaje interactivo. Demasiada o muy poca proximidad cognitiva puede ser perjudicial para los procesos de innovación y aprendizaje ¹ .
Distancia social (DS)	Se refiere a las relaciones entre agentes generalmente construidos sobre la experiencia común, la amistad y el parentesco. Estas relaciones pueden facilitar la empatía, la comunicación y la coordinación.
Distancia organizacional (DO)	Se refiere a las interacciones jerárquicas de modelado de la estructura entre los agentes. La alta proximidad organizativa se asocia con la pertenencia a la misma estructura jerárquica.
Distancia institucional (DI)	Se refiere a las normas, reglas y valores que determinan cómo se comportan los agentes; grandes distancias institucionales pueden imponer serios impedimentos a interacciones.

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de (Boschma, 2005)

3 Proceso MoCBI visto desde la perspectiva de distancias DARE

3.1 Proyecto DARE como referencia de análisis del proceso MoCBI

DARE proporciona un medio para demostrar la diversidad de perspectivas que implica un esfuerzo de investigación colaborativa. Difiere de los métodos de evaluación de la investigación y de evaluación de impacto en dos aspectos principales:

¹ Cabe resaltar que la concepción de esta distancia implica diversas dificultades al aplicarse, ya que existen grandes brechas en la aplicación del conocimiento y diferencias de enfoque entre las orientaciones técnico-científicas y teórico-metodológicas.

- I) No se centra en la identificación y evaluación de resultados específicos de proyectos o impactos de la investigación. En su lugar, examina los procesos de colaboración que conducen a la producción de conocimiento y que, finalmente, pueden dar lugar a resultados e impactos, tal como en el proceso de la MoCBI, encontramos un enfoque en la generación de conocimiento y la búsqueda de resultados e impactos a partir del uso y aplicación del mismo.
- II) No trata los procesos de los resultados de la investigación que se “transfieren” a los agentes que están más cerca (Bone et al., 2017). En su lugar, DARE considera las interacciones entre redes dispares de partes interesadas como el factor clave para la generación de conocimientos aplicables.

DARE busca desarrollar una base de evidencia entre las interacciones de partes interesadas para hacer posible este análisis en el futuro. De esta forma, encontramos a la par el proceso de la MoCBI, donde se plantea la interacción con retroalimentación entre los bloques de generación y aplicación de conocimiento con las fuentes de conocimiento generado, permitiendo un análisis completo sobre los agentes, las interacciones y la aplicación del conocimiento hacia el mercado y los usuarios finales.

En el presente trabajo, desarrollaremos la integración de la metodología DARE para aproximar el proceso MoCBI en el caso de la diabetes en México; no obstante, se desarrollará a partir del análisis de las distancias y sus diferentes categorías, (es decir, con un enfoque en las implicaciones que conlleva la movilización del conocimiento), en contra análisis con las cuatro dimensiones analíticas para la caracterización de un SI.

Debido a que el proceso MoCBI está integrado dentro del SIS; es indispensable desarrollar la caracterización de este sistema y su contexto, de manera que se logre la identificación de los agentes, las interacciones, los procesos y los marcos institucionales que le dan sentido. El objetivo final es lograr el desarrollo de un modelo conceptual de simulación que permita a partir de un enfoque ABM, representar las relaciones de la MoCBI para el caso de la diabetes en México.

3.2 Análisis del proceso MoCBI a partir de la intersección de dimensiones analíticas y la perspectiva de distancias

Una vez realizada la revisión sobre las diferentes líneas teóricas que envuelven nuestro problema de investigación, se propone en este capítulo un cruce entre las dimensiones analíticas (para la identificación de actores, interacciones, proceso y marco institucional) propuestas por Natera *et al.*, (2020) y la perspectiva de distancias de Boschma (2005). De manera que se pueda identificar en esta primera etapa las necesidades de información para lograr el desarrollo del modelo conceptual de simulación. Además de presentar una primera aproximación teórica a la introducción de DARE (2020) como herramienta complementaria para el análisis de las relaciones entre agentes del sistema.

Una vez realizado el cruce entre ambas perspectivas teóricas, se presenta una matriz que integra la metodología de distancias utilizada en DARE con la clasificación de dimensiones analíticas que se estudian para los SI, siendo una herramienta que permita analizar y caracterizar el proceso MoCBI en el caso de la diabetes en México. A continuación se enlistan los pasos que se siguieron: para lograr el desarrollo de la matriz:

- a. Se definieron las distancias y dimensiones analíticas a utilizar;
- b. De acuerdo con las definiciones anteriores, se identificaron preguntas clave que permitieran lograr una mayor comprensión de la información requerida en cada cruce;
- c. Una vez clasificada la matriz, se determinaron las principales necesidades de información para su llenado;
- d. Utilizando la información de los estudios y análisis realizados anteriormente, además de la información presentada en la Tabla 1 y 2 de esta investigación, se identificaron los agentes involucrados en el proceso MoCBI;
- e. Se establecieron las interacciones llevadas a cabo entre los agentes del proceso de acuerdo a cada perspectiva de distancia;
- f. Se identifican los procesos de aprendizaje que se desarrollan entre agentes de acuerdo a cada una de las distancias;
- g. Se clasificó el marco institucional existente y las implicaciones en las interacciones de los agentes;

- h. Y por último, de acuerdo con la revisión teórica, se identifican las distancias que caracterizan a cada dimensión analítica de acuerdo con el enfoque propuesto por Boschma (2005).
- i. Cabe resaltar que el propio proceso de desarrollo es procedimental y sirve como base para el desarrollo posterior del modelo conceptual de simulación.

Una vez concluida la matriz, a continuación se presentan los siguientes resultados:

- En la primera columna de la Tabla 4 encontramos el análisis correspondiente a las dimensiones analíticas con respecto a la DG, de manera que desde la dimensión de los agentes vemos la convergencia de México como región de estudio (identificada por zonas urbanas y rurales y las características del sector salud en cada una) y las Naciones que desarrollan investigación en el tema de diabetes (derivado de la proximidad con la frontera del conocimiento en diabetes), además cabe resaltar la visión centro-periferia de manera que las concepción de distancia geográfica también implica relaciones asimétricas. Siguiendo con la dimensión de las interacciones con respecto a la DG, donde encontramos como primer cruce las generadas por experiencia, interés, preferencia o motivación, sectores estratégicos, necesidades de la población y por la movilidad y capacitación de agentes, así como algunas identificadas de forma directa dentro del proceso que se desarrolla por la MoCBI. Como tercera etapa del análisis encontramos la dimensión del proceso de aprendizaje desde la DG, en la cual se presenta la relación entre estos procesos con respecto a la frontera del conocimiento y los procesos de coevolución desarrollados entre el conocimiento y las trayectorias tecnológicas. Finalizando así con la dimensión del marco institucional, donde se muestran los mecanismos que permiten la movilización entre agentes, los canales de vinculación y los medios para lograr la transmisión del conocimiento.
- En la segunda columna de la Tabla 4 encontramos el análisis correspondiente a las dimensiones analíticas con respecto a la DC, encontrando a los principales generadores de conocimiento ilustrados en el proceso MoCBI (comunidad científica, academia), al sector productivo encargado de llevar este conocimiento al mercado, y a los usuarios y beneficiarios del mismo. Siguiendo con la dimensión de las

interacciones con respecto a la DC, donde encontramos como primer cruce las generadas por la necesidad de solución a problemas de salud, las generadas por las demandas del mercado y las generadas a partir de la experiencia y prueba de productos y servicios. Como tercera etapa del análisis encontramos la dimensión del proceso de aprendizaje desde la DC, identificando el aprendizaje generado a partir del acercamiento a la frontera del conocimiento, el proceso de co-evolución entre conocimiento y trayectorias tecnológicas, el basado en la investigación, la conversión del conocimiento y las capacidades generadas en temas de salud. Finalizando así con la dimensión del marco institucional, en la cual visualizamos los procesos, mecanismos y la generación de aprendizaje a partir de los agentes, las normas y las investigaciones que permitan la codificación del conocimiento.

- En la tercera columna de la Tabla 4 encontramos el análisis correspondiente a las dimensiones analíticas con respecto a la DS, en la cual se tienen todos los agentes involucrados en la red, desde investigadores de la comunidad científica, hasta el sector productivo y los usuarios finales. Siguiendo con la dimensión de las interacciones con respecto a la DS, donde se representan las relaciones a partir de confianza, experiencia o amistad, además de las generadas por preferencias, motivaciones y competencias, todas estas relacionadas con la investigación y las tendencias políticas. Como tercera etapa del análisis tenemos la dimensión del proceso de aprendizaje desde la DS representando los procesos de aprendizaje por uso, experiencia y comunicación, además de los procesos generados tras la investigación. Finalizando así con la dimensión del marco institucional, en la cual se encuentra la influencia del mercado, los problemas de salud, así como los aspectos culturales y organizativos.
- En la cuarta columna de la Tabla 5 encontramos el análisis correspondiente a las dimensiones analíticas con respecto a la DO, donde los institutos de salud y de investigación, los centros de investigación de hospitales, el sector productivo y la comunidad científica, son los agentes que permiten realizar el análisis a partir de las gestiones, uso y aplicación del conocimiento. Siguiendo con la dimensión de las interacciones, donde encontramos las basadas en las experiencias, en la solución de problemas, necesidad del mercado y las desarrolladas por competencias

organizativas. Como tercera etapa del análisis encontramos la dimensión del proceso de aprendizaje, en la cual, identificamos la movilización del conocimiento entre agentes y las vinculaciones con interacción bidireccional que permitan retroalimentación. Finalizando así con la dimensión del marco institucional, donde la incidencia del mercado y la regulación permiten la validación e introducción del conocimiento en la práctica.

- En la quinta columna de la Tabla 5 encontramos el análisis correspondiente a las dimensiones analíticas con respecto a la DI, encontrando las interacciones entre la comunidad científica, los institutos responsables de la investigación, hospitales, sector productivo y el sector público, donde: la experiencia, los sectores prioritarios, la necesidad y los problemas de salud, permitirán la interacción. Además, visto desde la dimensión de procesos, encontramos los modelos interactivos en los que evolucionan con la prestación de servicios de salud, mecanismos de transferencia y la validación del mercado. Finalizando con la formulación de políticas de CTI en salud que permitan la regulación y motivación de la investigación hacia resultados aplicados al mercado.

Tabla 4 MoCBI desde la perspectiva de distancias y dimensioe analíticas P. 1

Movilización del Conocimiento Basado en la Investigación			
Distancias			
Dimensión analítica	Distancia geográfica	Distancia cognitiva	Distancia social
Actores	<ul style="list-style-type: none"> • Centro-periferia (las distancias implican también relaciones asimétricas desde el punto de vista geográfico) • México (alcaldías, municipios, estados, regiones) <ul style="list-style-type: none"> • Zonas urbanas y rurales del país • Naciones que desarrollan investigación en diabetes 	<ul style="list-style-type: none"> • Academia (IES y CID) Institutos de Salud, Laboratorios • Sector productivo, hacedores de políticas, proveedores de servicios de salud <ul style="list-style-type: none"> • Usuarios y beneficiarios del conocimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigadores de la comunidad científica (IES, CID) • Investigadores de laboratorios y centros de investigación de hospitales • Investigadores pertenecientes a institutos de investigación en general <ul style="list-style-type: none"> • Personas dentro del sector productivo (empresas farmacéuticas, etc.) con interés en el tema • Usuarios y beneficiarios del conocimiento
Interacciones	<ul style="list-style-type: none"> • Basado en experiencia • Impulsada por el interés y preferencia • Basada por sectores estratégicos/prioritarios • Basada por necesidades de las zonas de estudio • Generada por movilidad y capacitación de los actores 	<ul style="list-style-type: none"> • Basadas en la necesidad de solución de problemas de salud <ul style="list-style-type: none"> • Basada en una demanda del mercado • Basada en lo experiencia • Basada en la experiencia a partir de la prueba de servicios y productos 	<ul style="list-style-type: none"> • Entre actores: de acuerdo a la experiencia en común, amistad o relación indirecta transitiva. • Dentro de los actores: de acuerdo a sus preferencias, motivaciones y competencias • Impulsado por la investigación y los asuntos regulatorios.
Proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Depende de la frontera del conocimiento • Proceso de coevolución del conocimiento de acuerdo a enfoque y trayectorias tecnológicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Depende de la frontera del conocimiento • Proceso de coevolución del conocimiento de acuerdo a enfoque y trayectorias tecnológicas. • Generación de conocimiento basado en investigación • Conversión y generación de capacidades en temas de salud 	<ul style="list-style-type: none"> • Proceso de aprendizaje a partir del uso, experiencia, cara a cara, etc. • Generación de conocimiento basado en investigación
Marco Institucional	<ul style="list-style-type: none"> • Generar mecanismos de movilización de conocimiento • Determinar canales de vinculación entre actores • Establecer seminarios donde se pueda transmitir el conocimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Regular los procesos de aprendizaje • Establecer mecanismos de aprendizaje de acuerdo a los distintos actores • Generar conocimiento codificado para sentar las bases de futuras investigaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Influencia en el desarrollo de productos/servicios que atiendan problemáticas de salud • Considerar aspectos culturales y organizativos

Fuente: Elaboración propia en base a (Boschma, 2005; Natera et al., 2020)

Tabla 5 MoCBI desde la perspectiva de distancias y dimensiones analíticas P. 2.

Mobilización del Conocimiento Basado en la Investigación		
Distancias		
Dimensión analítica	Distancia organizacional	Distancia institucional
Actores	<ul style="list-style-type: none"> • Personas involucradas y pertenecientes a la estructura organizacional de: Institutos de Salud, Institutos de Investigación, Centros de Investigación de Hospitales, Sector Productivo, IES, CID • Sociedad: Usuarios y beneficiarios del conocimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • IES y CID • Institutos de Salud y Laboratorios • Sector Productivo • Hospitales • Hacedores de Políticas • Sociedad
Interacciones	<ul style="list-style-type: none"> • Basada en la experiencia, motivaciones y competencias • Basada en la solución de un problema de salud • Basados en una necesidad del mercado 	<ul style="list-style-type: none"> • Basada en la experiencia y competencias • Basada en la solución de un problema de salud • Basados en una necesidad del mercado • Basados en los sectores prioritarios
Proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Mobilización del conocimiento dentro de las organizaciones • Vinculos densos que permitan la interacción bidireccional entre necesidades del mercado y generación de productos/servicios 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo interactivo en el que los actores del proceso de aprendizaje evolucionan con la prestación de servicios de salud • Mecanismos de transferencia de conocimiento • Se necesita validación del mercado • Vinculos densos que permitan la interacción bidireccional entre necesidades del mercado y generación de productos/servicios
Marco Institucional	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la aceptación de los resultados por parte del mercado • Regular la introducción de resultados de investigación en la práctica médica • Generar estructura institucional basada en la solución de la problemática • Promover la generación de herramientas que aporten a la solución 	<ul style="list-style-type: none"> • Los responsables de la formulación de políticas son responsables de la reglamentación y la aprobación. • Regular la introducción de resultados de investigación en la práctica médica • Generar iniciativas para lograr la solución a problemas de salud • Fondos que impulsen el desarrollo de las iniciativas • Validación del mercado

Fuente: Elaboración propia en base a (Boschma, 2005; Natera et al., 2020)

4 Diseño de la Investigación y Metodología

Como se ha mencionado anteriormente, el objetivo de este trabajo se centra en diseñar conceptualmente un modelo que permita entender y analizar las relaciones que constituyen la MoCBI para el caso de la diabetes en México. De esta forma, una vez definido el proceso, las etapas y las características que determinan la MoCBI, se vuelve indispensable considerar una estrategia que permita llevar a cabo el estudio y análisis de las relaciones que la integran. Por esta razón, y derivado de la complejidad que implica el estudio de un problema de esta índole, se plantea el uso y aplicación de la metodología de modelos de simulación basados en agentes (ABM) con enfoque en redes sociales; mismos que sirven para imitar el comportamiento de un fenómeno real, a partir de simulaciones con respecto a los agentes, las interacciones, el entorno y las reglas de comportamiento. A continuación, se presentarán los fundamentos y características que los describen.

4.1 Análisis de redes para el entendimiento del proceso MoCBI

El análisis de redes se ha utilizado para estudiar diversos campos de conocimiento debido a su enfoque para lograr la aproximación e identificación de un problema complejo, a través de múltiples representaciones que permiten visualizar sus elementos de forma desagregada, es decir, logrando el entendimiento de los sub-sistemas de forma individual para después identificar las relaciones entre estos y cómo componen la problemática total (Newman, 2010).

De acuerdo con Barabási y Albert (1999), las redes se pueden clasificar con respecto al número de conexiones asociadas a un vértice; además para analizar una red grande es indispensable considerar tres características: (i) la mayoría de las redes cumplen con la propiedad del “mundo pequeño”, es decir, a pesar de existir un gran número de nodos, es posible encontrar sendas donde la separación entre cualesquiera dos nodos es bastante corta; (ii) las redes reales muestran un grado de agrupación más alto de lo esperado para las redes aleatorias, y (iii) se ha encontrado que la distribución de grados contiene información sobre la naturaleza de la red (Barabási et al., 2002).

De esta forma, el análisis de redes presenta un enfoque sistémico y holístico que permite su aplicación en problemas macroeconómicos (como el caso de la diabetes en México), derivado de su nivel de desagregación y flexibilidad para desarrollar el mapeo y análisis de las partes que lo integran. Sin embargo, para el proceso de la MoCBI, se han determinado los agentes (nodos), así como las relaciones que desarrollan entre sí y el entorno en el que se desenvuelven. No obstante dada la complejidad de la dinámica del proceso en el caso de la diabetes en México, se propone el uso de una metodología que combine múltiples herramientas para su análisis y entendimiento. Un ejemplo funcional de esta metodología se encuentra en los modelos de simulación multiagentes, mismos que aportan una representación simplificada a un problema complejo, a partir de la representación de los componentes del sistema y la imitación del funcionamiento, de manera que permita conocer los resultados predictivos desde una visión de redes (Martínez et al., 2011).

4.2 Modelo de Simulación Basados en Agentes (ABM)

4.2.1 Modelos de Simulación

La simulación toma auge como herramienta de investigación en las ciencias sociales. Sin embargo, se pueden distinguir diferentes enfoques de la simulación en las ciencias sociales: microsimulaciones, dinámicas de sistemas y simulaciones basadas en agentes (ABM).

- La microsimulación está enfocada en crear modelos que no tienen pretensiones de explicar, sino de predecir comportamientos. Este tipo de simulación no comienza con una muestra de agentes hipotéticos o creados al azar, sino que utiliza una muestra de agentes reales; no obstante, no permite la interacción entre agentes ni tiene en cuenta el entorno donde tienen lugar las acciones de los agentes (Gilbert, 2008).
- La dinámica de sistemas crea modelos que buscan predecir el estado futuro de un fenómeno social a partir de su estado inicial apoyado de un sistema de ecuaciones diferenciales que expresan relaciones causa-efecto entre variables. Un problema de este enfoque es que no trata la heterogeneidad de los agentes que integran los fenómenos sociales (Gilbert, 2008).
- Los modelos basados en agentes (Agent Based Models, ABM) constituyen una herramienta novedosa en las ciencias sociales, por su fácil aplicación en problemas

de diversas disciplinas (Gilbert et al., 2014). Se caracterizan por la existencia de agentes heterogéneos, que interactúan transfiriéndose información de unos a otros, con objetivos específicos y reaccionando ante estímulos del ambiente. Gras *et al.*, (2017) lo definen como “...un método computacional que representa o simula un fenómeno existente en la realidad”.

4.2.2 Naturaleza de los ABM

La Modelación Basada en Agentes es una técnica que complementa diversos métodos analíticos tradicionales con el objetivo de “modelar y caracterizar el equilibrio de un sistema”, a partir de la simulación del comportamiento de agentes autónomos y heterogéneos con toma de decisiones propias, reglas de comportamiento y el entorno que rodea el problema, ofreciendo con esto la posibilidad de generar el equilibrio y encontrar patrones de comportamiento (Cardoso et al., 2014).

Las técnicas de simulación son cada vez más usadas en varias disciplinas de las ciencias sociales, ya que constituyen una herramienta novedosa por su fácil aplicación y adaptación a problemas de gran complejidad (Gilbert et al., 2014). Han aparecido como una respuesta a la imposibilidad de otras técnicas para describir las relaciones entre los agentes de un fenómeno real.

Dadas las interdependencias, heterogeneidades y jerarquías que se encuentran en un sistema complejo, explicar el comportamiento global del mismo a través de la extrapolación del comportamiento de sus componentes individuales se vuelve una tarea titánica. Es decir, las propiedades y dinámica a escala global de un sistema complejo son diferentes de las escalas locales e impredecibles en base al análisis de sus propiedades. Por esta razón, los ABM ofrecen una posibilidad de comprender la articulación entre ambos enfoques, gracias a la simulación de resultados y la obtención de patrones de comportamiento de los agentes que integran el sistema. La aproximación de los ABM apunta a describir las características de las partes del sistema y definir su comportamiento “emergente” a través de reglas simples, estudiando este comportamiento como resultado de las características de los componentes y el funcionamiento de los mismos.

Los modelos ABM imitan el comportamiento de un fenómeno complejo real, a partir de la interacción de agentes heterogéneos con el ambiente que los rodea (los cuales tienen una

correspondencia directa con los agentes del fenómeno real), donde a través de una serie de reglas y circunstancias simula su comportamiento. Cuando el modelo generado se ejecuta, se examinan los resultados iniciales con el comportamiento observado por los agentes en el fenómeno real; validando el modelo y generando una etapa de retroalimentación, la cual se actualiza en función de los resultados iniciales, permitiendo que el modelo se vuelva a ejecutar. Este proceso se continúa hasta que el modelo reproduzca los comportamientos y los resultados del fenómeno observado (Hamill & Gilbert, 2016). Adicionalmente, el sistema en su conjunto aprende como resultado del proceso de selección y adaptación: algunos agentes “mueren” y son reemplazados por otros mejores de manera que el proceso se aproxime lo más posible a la realidad.

4.2.3 Diseño e implementación de un ABM

El diseño de un ABM implica en una primera fase la construcción del modelo conceptual representativo del fenómeno que se quiere estudiar, posiblemente esta es la etapa más compleja del proceso y requiere conocer a detalle el funcionamiento del fenómeno y las diferentes aproximaciones de manera que se pueda modelar las partes y los procesos de los mismos, cabe mencionar que mientras más detallada y completa sea esta etapa aportará mayor información para la implementación (Cardoso et al., 2014).

Existen guías en la literatura para conocer las fases del proceso de diseño de un ABM, en las cuales se enuncian a manera de definición las etapas indispensables a realizar para lograr el correcto diseño de un ABM (Gilbert, 2008; Gilbert & Terna, 2000); a continuación se presenta una abstracción de las mismas:

1. Correspondencia ontológica: puede haber una correspondencia directa entre los agentes del modelo generado y los agentes del fenómeno real. Facilitando la definición del modelo y la interpretación de los resultados;
2. Presencia de agentes heterogéneos, con preferencias y reglas de acción propias:

Para caracterizar los agentes dentro del ABM, Perrone (2005) plantea cinco elementos esenciales para caracterizar a los agentes dentro del ABM:

 - a. Ser entidades “solucionadoras de problemas”, claramente identificables y con límites bien definidos;
 - b. Estar ubicados dentro de un ambiente específico, en el cual se llevan a cabo las interacciones;

- c. Contar con objetivos específicos que cumplir;
 - d. Ser autónomos, con la capacidad de ejercer control tanto sobre su estado interno como sobre su comportamiento;
 - e. Ser capaces de un comportamiento flexible en la solución de problemas de acuerdo con los objetivos generales del modelo.
3. Representación de un ambiente: puede incluir aspectos físicos, los efectos de otros agentes en la localidad y la influencia de factores externos;
 4. Interacciones entre los agentes: en los casos más simples estas interacciones pueden consistir en la transferencia de datos entre agentes;
 5. Racionalidad limitada: en diferentes modelos puede ser vista la racionalidad de los agentes de forma acotada, esto permite que la simulación de los agentes sea más específica y se encuentre dentro de la realidad del comportamiento esperado;
 6. Procesos de aprendizaje: los modelos de simulación ABM, pueden simular el aprendizaje tanto a nivel individual como colectivo.

De acuerdo con Hamill y Gilbert (2016), el proceso general de simulación ABM, considera las siguientes etapas para lograr el desarrollo del modelo conceptual, a partir del cual se lleva a cabo la caracterización, descripción e identificación de las reglas, relaciones, objetivos y comportamientos que siguen los agentes:

- a. Descripción detallada del problema a modelar;
- b. Descripción y caracterización de los agentes involucrados en el sistema;
- c. Descripción e identificación de los objetivos buscados por cada agente;
- d. Descripción de las reglas de comportamiento que seguirán los agentes;
- e. Identificación de las principales relaciones entre agentes;
- f. Desarrollo del modelo conceptual que involucre a los agentes y las principales relaciones identificadas;

Sin embargo, para culminar el desarrollo del modelo de simulación es indispensable realizar los siguientes pasos:

1. Ejecutar el modelo conceptual, para obtener las variables de control (o conocidas como variables de inicio);

2. Validación del modelo, a través de la comparación de las variables de comportamiento de los agentes;
3. Si el modelo es validado se puede reproducir para que reproduzca los comportamientos del sistema, de otra forma se debe regresar a la definición del modelo para que este asemeje lo mejor posible la representación del sistema (Hamill & Gilbert, 2016).

En el planteamiento de Buchmann (2014) se requiere trabajar con todos los agentes relevantes considerados en el fenómeno a estudiar, es decir, aproximando lo más posible a una red completa, implicando en este trabajo algunas restricciones en términos de la definición de la población, ya que dada la naturaleza de nuestro problema de investigación difícilmente podemos trabajar con la totalidad de agentes relevantes².

4.2.4 Verificación, calibración y validación de los ABM

La verificación, calibración y validación de los ABM son los aspectos que merecen más atención para asegurar que el modelo representa adecuadamente el sistema en estudio. De esta forma, a continuación definiremos las características más relevantes de estas tres etapas (Cardoso et al., 2014).

- I. La verificación significa asegurar que el modelo es adecuado y funciona correctamente. Esto se logra asegurando que la implementación del modelo y su comportamiento se realice de acuerdo a su diseño y otorgue los resultados esperados. Sin embargo, el objetivo de este trabajo no es llegar hasta la etapa de verificación del modelo, por esta razón no se ahondará más.
- II. La validación se enfoca directamente en la estructura del modelo y de los resultados de simulación, asegurando que el modelo represente adecuadamente el sistema en estudio. Por esta razón, es aconsejable considerar las siguientes etapas en la validación del modelo: i) la incorporación de los agentes reales en el diseño del modelo y la evaluación de los resultados preliminares; y ii) se debe realizar la consistencia entre los patrones simulados por el modelo y la información histórica disponible, sin embargo no siempre se dispone de la información histórica para

² No obstante, los modelos SIENA permitan una cantidad moderada de datos faltantes (Snijders, 2020).

evaluar la consistencia. Nuevamente, cabe resaltar que para el desarrollo de este trabajo únicamente se llegará a la primera etapa en la validación del modelo.

- III. La calibración del modelo suele darse de manera simultánea a la validación, independientemente de la estrategia de validación utilizada. Durante el proceso de validación se revisan los valores asignados a atributos de agentes, parámetros y datos de entrada del modelo de manera que se puedan ajustar los resultados simulados.

Sin embargo, los ABM tienen algunos problemas importantes derivados de la verificación y validación de sus modelos. Algunas veces es difícil percibir si los resultados de la simulación se deben a causas reales o a defectos en la programación (el problema de la verificación). Otras veces es difícil saber si el modelo representa realmente al fenómeno estudiado (el problema de la validación) pues a menudo no hay suficientes datos para evaluar la coincidencia del modelo con la realidad (García Valdecasas, 2011).

De acuerdo con lo descrito anteriormente, este trabajo considerará el desarrollo de las tres etapas, limitado a los alcances del desarrollo conceptual, es decir, al no realizar la simulación no se podrán evaluar los patrones y resultados del comportamiento del fenómeno estudiado y tampoco se logrará la validación, verificación y calibración completamente, quedando pendiente para su desarrollo en un futuro trabajo.

4.2.5 Ventajas de los modelos ABM

Una de las principales ventajas de los ABM, es la posibilidad de simular y descubrir el comportamiento emergente de sistemas complejos como resultado de las características y comportamiento de las partes que lo integran (Cardoso et al., 2014). Se diferencia de otras herramientas y metodologías por la permisibilidad al incorporar características de interdependencia, heterogeneidad, objetivos y jerarquías entre los agentes del sistema (Miguel Quesada, 2020).

Otra ventaja de los ABM es que permiten el estudio complejo de las interacciones sociales entre agentes que aprenden, siguen rutinas y se adaptan. En otras palabras, este tipo de modelos interactivos, permiten simular los comportamientos de fenómenos y co-evolucionar a partir de la validación de los mismos.

Los ABM ofrecen a las ciencias sociales “laboratorios virtuales” donde se puede experimentar y estudiar las interacciones y comportamientos de individuos heterogéneos en

un ambiente, sometidos a eventuales organizaciones jerarquizadas y a un conjunto de reglas de comportamiento y objetivos personales. Además, proveen un conjunto de herramientas para transformar teorías verbales de mecanismos complejos en modelos precisos y específicos que pueden generar anticipaciones en base a distintos escenarios y explicaciones, muchos de los cuales son emergentes.

4.2.6 Clasificación de los modelos ABM

En la actualidad, se cuenta con herramientas que nos permiten el entendimiento de las redes complejas a partir del enfoque de agentes, las mismas se han clasificado por su aplicación y características de uso como sigue:

- Modelo *Simulating Knowledge Dynamics in Innovation Networks (SKIN)*, este modelo es mejor conocido como “modelo de múltiples agentes de redes de innovación en industrias intensivas en conocimiento, basadas en investigación empírica y marcos teóricos de la economía de la innovación y la sociología económica”. En SKIN los agentes representan empresas innovadoras que intentan vender sus innovaciones a otros agentes y usuarios finales, pero que también tienen necesidades de comprar materias primas o insumos de otros agentes (proveedores de materiales) para producir sus innovaciones. Este modelo básico se amplía cuando las empresas intentan mejorar su desempeño en innovación y sus ventas mejorando su base de conocimiento mediante la adaptación a las necesidades del usuario, el aprendizaje incremental o radical, la cooperación y la creación de redes con otros agentes (Ahrweiler et al., 2020).
- Otra propuesta analítica alternativa dentro del campo metodológico de simulación, es el modelo *Simulation Investigation for Empirical Network Analysis (SIENA)*. Está orientado a desarrollar el análisis estadístico de datos de red, con el enfoque en las redes sociales. En SIENA las redes se entienden como redes completas, no como redes personales: se supone que se da un conjunto de nodos (agentes) y se conocen todos los enlaces (interacciones) entre estos nodos, excepto quizás por una cantidad moderada de datos que faltan (Snijders, 2020). SIENA presenta un modelo de tipo estocástico con enfoque en el actor, es decir, mediante simulaciones y estimaciones estadísticas se representa la interacción entre los mismos. No obstante este modelo

permite entender la creación, ruptura y mantenimiento de las interacciones entre agentes (Buchmann, 2014). Este tipo de modelo, sigue los supuestos de que la red evoluciona como un proceso estocástico impulsado por los agentes, donde la cantidad de agentes involucrados es constante en el tiempo y pueden alcanzar sus objetivos considerando sus limitaciones, pero creando y rompiendo lazos entre ellos (Snijders et al., 2010), permitiendo al modelo ser más flexible en cuanto a su estructura y dinámico con las interacciones que se describen entre agentes.

4.3 Validación metodológica

De acuerdo con las características generales de los modelos ABM presentadas anteriormente, así como las especificaciones de los tipos de modelos que se pueden desarrollar de acuerdo con el enfoque que tengan, ya sea en redes de innovación en industrias intensivas en conocimiento basadas en investigación o en desarrollar el análisis estadístico de datos de red, con el enfoque en las redes sociales de agentes (SKIN y SIENA respectivamente), se optó por llevar a cabo el desarrollo de un modelo SIENA, derivado de las características del problema de investigación y las fuentes de información disponibles.

Una vez elegido el tipo de modelo a desarrollar en este proyecto se siguieron los siguientes pasos, para identificar tanto las características principales, como las especificaciones requeridas en el proyecto:

- i. Identificación de la comunidad que desarrolla modelos SIENA a nivel internacional, dirigida por el creador de este modelo de simulación Tom, Snijders: <http://www.stats.ox.ac.uk/~snijders/siena/>
- ii. Una vez identificada la página de la comunidad SIENA, se analizaron las principales fuentes de información que brindaba, así como la estructura de la misma, la cual se presenta a continuación:
 - a. Página de SIENA: Esta página brinda un resumen de las principales características del modelo SIENA, así como del contenido de la página;
 - b. Cursos y actividades: En esta pestaña encontramos información reciente sobre cursos y diversas actividades donde se comparte el conocimiento de la metodología y su forma de uso;
 - c. Proyectos de investigación con SIENA;

- d. Literatura: Manuales e información disponible sobre la forma de uso, metodología y programación de SIENA;
 - e. Aplicaciones: Segmentación de todos los artículos desarrollados hasta el momento con la metodología SIENA, clasificados por tipo de modelo desarrollado;
 - f. RSIENA y RSIENA scripts: Software libre para desarrollo de modelos SIENA, así como algunas bases generalizadas para su aplicación ;
 - g. Descargas: Software de libre uso para diferentes tipos de procesadores;
 - h. Noticias: Avisos y noticias referentes a lo que se hace en la actualidad para SIENA;
 - i. Links: Páginas de los principales desarrolladores del modelo, así como de información relacionada con los grupos de investigación y desarrolladores del software.
- iii. Una vez identificadas las diferentes secciones de la página de la comunidad SIENA, se realizó una revisión de los principales manuales de uso y aplicación de la metodología, que nos permitieran conocer las características y etapas para desarrollar el modelo propuesto;
 - iv. Se realizó una revisión exhaustiva sobre las diversas aplicaciones del modelo, sin embargo fue necesario hacer una segmentación de las mismas de acuerdo con los principales temas de interés de nuestro proyecto. De esta forma se realizó una búsqueda por las siguientes palabras clave: intercambio/transferencia de conocimiento, salud, hospitales, diabetes, medicina, transversal y México; obteniendo como resultado las aplicaciones con mayores similitudes a este proyecto;
 - v. Una vez segmentadas las aplicaciones, se realizó un primer acercamiento a estas, de manera que se pudieran identificar los alcances, objetivos y la forma de aplicación de SIENA en cada una;
 - vi. Como seguimiento al paso anterior y de acuerdo con la expectativa de este proyecto, se identificaron cuatro publicaciones que lograban un mayor grado de acercamiento con el tema de nuestra investigación, de manera que se hizo una revisión extensa de los mismos, para identificar posibles características y métodos de aplicación que pudieran ser replicables;

- vii. Tomando en cuenta la información obtenida a partir de la revisión de las aplicaciones de SIENA en salud, se llevo a cabo una investigación que nos permitiera conocer la experiencia del autor más cercano a nuestro tema de investigación, así como con el desarrollador del modelo ERGM, sintetizando de esta forma una guía para la aplicación en nuestro proyecto;
- viii. Una vez validada la información necesaria para desarrollar la aplicación de SIENA, se llevo a cabo la revisión de las fuentes de información. Adecuando las mismas para ser utilizadas en el presente proyecto, de manera que brindarán la mayor información para la caracterización de los agentes y su participación en el sistema;
- ix. Se realizó un análisis, caracterización y descripción de los datos, de acuerdo a las especificidades encontradas en la revisión de la metodología, considerando desde la definición de los agentes, hasta la identificación de su comportamiento a partir de objetivos y funciones;
- x. En el desarrollo del modelo conceptual, se procedió inicialmente con un enfoque en un sólo nodo (investigadores), mismos que cuentan con una conexión esencial para el funcionamiento del sistema y sobretodo para el desarrollo del proceso MoCBI. Después se analizaron los datos para identificar las relaciones, características, funciones y actividades que llevaban a cabo los investigadores alrededor del proceso y la influencia que tienen los demás agentes en los mismos;
- xi. El análisis se plasmó en una matriz de cruce entre la perspectiva de distancias y las fases del proceso MoCBI con enfoque en los investigadores con el fin de obtener un análisis sintetizado y orientado en el proceso;
- xii. A partir de la matriz se determinaron los flujos que seguían los agentes alrededor de nuestro nodo principal, así como las funciones que llevaban a cabo, identificandolos en diversos flujogramas que permitirán entender la complejidad y la visión multinivel de la red que define el problema de análisis;
- xiii. Se desarrollaron los modelos gráficos de comportamiento de los agentes de acuerdo a la perspectiva de distancias, identificando las principales relaciones en las fases del proceso MoCBI;

- xiv. Una vez desarrollados los modelos para cada distancia, se procedió a desarrollar el modelo multinivel, permitiendo con esto la descripción de nuestro modelo conceptual.

5 Modelo SIENA como base para el análisis de la MoCBI en el caso de la diabetes en México

Los modelos SIENA, como se ha descrito anteriormente, son modelos de simulación enfocados en la evolución de redes, principalmente sociales. Además son considerados modelos estocásticos por su capacidad para representar la influencia que tienen los factores externos y del entorno en la evolución de la red de agentes; permitiendo estimar los parámetros de esta influencia (Snijders et al., 2010). SIENA considera redes completas, es decir, para un conjunto de agentes sociales, se conocen todos los lazos (enlaces) entre estos, permitiendo una cantidad moderada de datos faltantes. De esta manera, los modelos tienen como objetivo dar una buena representación de la dependencia estocástica entre la creación, y posiblemente la terminación, de diferentes enlaces de la red (Snijders, 2020).

SIENA está diseñado para analizar varios tipos de datos como variables dependientes. A continuación, se presentan los más utilizados (Snijders, 2020):

- Datos de red longitudinal: Esto hace referencia a las medidas repetidas de redes en un conjunto de nodos determinados. Los modelos se pueden especificar con dinámicas orientadas a agentes y orientadas a la unión (lazo); pero principalmente el primero.
- Datos longitudinales de redes y comportamiento: Esto es como los datos de red longitudinal, pero además hay una o más variables nodales cambiantes que también se tratan como variables dependientes y se conocen su comportamiento. En este caso, se trata de la coevolución entre las redes y el comportamiento.
- Datos de red transversales. Significa que sólo se dispone de una observación. Este método utiliza Modelos de Gráficos Aleatorios Exponenciales (ERGM), también llamados modelos p^* .

El enfoque principal utilizado por SIENA para modelar la dinámica de la red, es un modelo orientado a los agentes, en el que supone que los agentes sociales están representados por los

nodos de la red y juegan un papel crucial en el cambio de sus vínculos con otros agentes; para el caso de la dinámica de comportamiento asociada y también en el cambio de su comportamiento. Todos estos modelos son modelos de cadena Markov; los cuales son más aplicables a las relaciones y variables de comportamiento (Snijders, 2020).

Por esta razón, en esta investigación se plantea adoptar la metodología de los modelos *SIENA* enfocados a datos transversales para analizar las relaciones que constituyen la Movilización de Conocimiento Basado en Investigación en el caso de la diabetes en México; derivado de la co-evolución de una red compleja. No obstante, se realizarán ajustes conceptuales y analíticos al integrar a nuestro análisis la propuesta de *DARE*, la cual enfoca al estudio de las relaciones en cinco dimensiones críticas, mismas que se ven en forma de distancias: cognitivas, sociales, institucionales, organizacionales, geográficas (Boschma, 2005; University of Sussex & SPRU, 2020)

Derivado de la complejidad que tienen los problemas actuales, se requiere con frecuencia del conocimiento de múltiples disciplinas y agentes interesados con el fin de lograr soluciones potenciales. No obstante, los intentos de desarrollar estas soluciones revelan la frágil conexión entre nuestro creciente conocimiento de los procesos fundamentales en la naturaleza y nuestra capacidad para simular este conocimiento de manera productiva. Por esta razón, las redes de interacción con enfoque social facilitan el flujo de información y conocimiento, al tiempo que generan dinámicas de aprendizaje colectivo de innovación.

5.1 Características de SIENA

Los modelos SIENA, al estar enfocados en la evolución de las redes sociales principalmente de los agentes, requieren de información que les permita conocer a detalle tanto a los agentes como los lazos que los unen y las especificaciones de los mismos. De acuerdo con el manual de cómo utilizar SIENA, se describen las principales etapas para desarrollar un modelo (Snijders et al., 2007, pp. 19–25):

5.1.1 Entrada de la descripción de datos básicos

El principal método estadístico implementado para SIENA está orientado al análisis de medidas repetidas de redes sociales, y requiere de datos recopilados en dos o más puntos de tiempo. En este caso, es posible incluir variables del actor (comportamiento, actitudes, etc.),

que también desarrollen un proceso dinámico. El número de puntos en el tiempo se denota como M .

El otro método estadístico implementado en los modelos SIENA es el Modelo de Gráfico Aleatorio Exponencial (ERGM), en el cual se requiere de un conjunto de datos observados de la red, además de permitir varios tipos de variables:

- I. *Variables ligadas al actor o individuales*: también llamadas atributos del actor, pueden simbolizarse como V_i para cada actor i ; estas pueden ser constantes a lo largo del tiempo o cambiantes; las cambiantes pueden ser variables dependientes (que cambian dinámicamente en dependencia total o parcial con la red cambiante) o variables independientes (cambio exógeno, entonces también se denominan covariables individuales).
- II. *Co-variables diádicas*: pueden simbolizarse como W_{ij} para cada par ordenado de agentes (i, j) ; a estas sólo se les permite tener valores enteros que van de 0 a 255³. Si uno tiene una diádica, entonces una opción es multiplicarlas, por ejemplo, por 10 o 100 para que sigan teniendo rango entre 0 y 255, y utiliza los valores redondeados.

Se deben conocer tanto los nombres de las variables, así como la codificación de los datos faltantes.

Existen otros tipos de entrada de datos básicos considerados necesarios para el desarrollo de un modelo con las características de SIENA; no obstante, la presente investigación está enfocada en lograr únicamente el modelo conceptual, por lo cual no se buscará la especificación y caracterización de estos. A continuación se presenta una breve descripción de los mismos y el entendimiento de su importancia para el modelo (si se requiere mayor información ir a Anexo B.):

- Archivos dígrafo: Características de los gráficos para entender si se habla de una red dirigida o no dirigida;

³ Las razones para restringir las covariables diádicas a valores enteros de 0 a 255 son históricas y tiene que ver con cómo los datos constantes de covariables diádicas se almacenan internamente

- Valores estructuralmente determinados: se permite que algunos de los valores en el dígrafo estén determinados estructuralmente, es decir, deterministas en lugar de al azar;
- Covariables diádicas: cada medida de una covariable diádica debe estar contenida en un archivo de entrada con una matriz de datos cuadrados;
- Covariables individuales: estas variables vinculadas al actor se pueden combinar en uno o más archivos;
- Interacciones y transformaciones diádicas de covariables: para las covariables del actor se realizan dos transformaciones (similitud diádica e identidad diádica);
- Variables de acción dependientes: estas variables de acción representan comportamiento de los agentes, actitudes, creencias, etc.;
- Datos faltantes: SIENA permite que falten algunos datos sobre variables de red, covariables y variables de acción dependiente;
- Cambio de composición: SIENA también utiliza para analizar redes en las que la composición cambia con el tiempo (cuando los agentes se unen o abandonan la red entre las observaciones);
- Centrado: SIENA logra el centrado de las variables a partir del uso de medidas de dispersión de los datos.

5.1.2 Especificación del modelo

Una vez definidos los datos, el siguiente paso es especificar el modelo a utilizar para evaluar nuestro problema. La especificación del modelo consiste en una selección de 'efectos' para medir la evolución de cada variable dependiente (red o comportamiento). Estos efectos difieren de acuerdo a las fuentes de información disponibles para el modelo (datos de red longitudinal, datos longitudinales de redes y comportamiento o datos transversales). A continuación se enlistan de forma sintetizada el tipo de efectos comúnmente utilizados (para mayor información ir a Anexo C).

Para redes longitudinales:

- Efectos estructurales importantes para la dinámica de la red: Considera efectos externos, de reciprocidad, así como efectos de cierre de red;

- Efectos para la dinámica de red asociada con covariables: Estos efectos se representan para cada covariable individual, tanto en la parte de evolución de la red como en la parte de evolución del comportamiento;
- Efectos sobre la evolución del comportamiento: Estos efectos se presentan en modelos con una variable de comportamiento dependiente. Por esta razón, los mismos están dirigidos hacia tendencia, comportamiento sobre sí mismo, similitud promedio, similitud total, alterno promedio, grado y grado de salida;

Para el caso no longitudinal:

- Modelos de gráficos aleatorios exponenciales (Snijders et al., 2007, p. 23): Para el caso de redes dirigidas se consideran efectos de reciprocidad, k-estrellas, triángulos transitivos, alternativo independiente y ciclicidad;
- Efectos de interacción adicionales: De acuerdo a los requerimientos del usuario se pueden definir efectos adicionales tanto para modelos longitudinal como no longitudinal (ERGM). Modificando los parámetros de efectos internos y permitiendo la definición de interacciones bidireccionales o tripartitas.

Una vez elegidos los efectos de la red y si la red es dirigida o no dirigida, se determinará el tipo de modelo a utilizar para representar nuestro problema, de manera que nos fijaremos en la representatividad de la decisiones de los agentes, las implicaciones de reciprocidad, las acciones de los agentes, etc. (para mayor información ir a Anexo C.). Cabe mencionar que para el presente proyecto se considerará redes dirigidas con características de datos no longitudinales (transversales) que cuenten con características de modelos de gráficos aleatorios exponenciales.

5.1.3 Estimación de los valores de los parámetros mediante simulación estocástica

Los parámetros del modelo se estiman bajo la especificación dada al inicio del desarrollo del modelo. Se implementan tres procedimientos de estimación:

1. El Método de los momentos (MoM) por Snijders *et al.*, (2007, 2010): Disponible para funciones de velocidad no constante, donde el método MoM es el valor predeterminado. Se basa en comparar la red observada (obtenida de los archivos de datos) a las redes hipotéticas generadas en las simulaciones

2. El Método de máxima verosimilitud (ML) por Snijders *et al.*, (2007, pp. 23–24): pueden ser utilizados especialmente para conjuntos de datos más pequeños y modelos relativamente complicados (redes y comportamiento; efectos de dotación).
3. Un método bayesiano por Koskinen y Snijders (2007): pueden ser utilizados de igual forma que los métodos ML

En el Anexo D se especifican de manera detalla las características de los pasos siguientes.

5.2 Modelo de gráfico aleatorio exponencial (ERGM)

En la actualidad existen muchas técnicas conocidas para analizar las propiedades, características y comportamiento de una red. Sin embargo, en algunos casos es útil considerar el desarrollo de un modelo que se adapte a la complejidad de la red social observada, permitiendo de esta forma conocer las características de la misma (Robins *et al.*, 2007). Una de las cualidades más representativas es la incertidumbre asociada con los resultados observados, misma que permite aprender sobre la distribución de los posibles resultados para una especificación dada en un modelo con estocástica.

De esta forma se hace hincapié en desarrollar modelos que sean estimables a partir de datos, y por tanto empíricamente basados. Teniendo como objetivo principal el estimar los parámetros del modelo a partir de los datos y evaluar la forma adecuada con que el modelo los representa. Cabe resaltar que un modelo se desarrollará a partir del conocimiento de los datos de la red, es decir, desde las características estructurales de interés, las tendencias que siguen, el tipo de relaciones, hasta el involucramiento del azar dentro de la red, de manera que estás ayudarán a dar forma al modelo.

Estos modelos de probabilidad para redes en un conjunto determinado de agentes permiten la generalización más allá de la restrictiva asunción de independencia diádica. En consecuencia, permiten que los modelos se construyan a partir de una interpretación más realista de los fundamentos estructurales del comportamiento social. Se ha hecho hincapié en la utilidad de estos modelos como vehículos para examinar hipótesis multinivel y multiteorías.

Por último, para lograr el desarrollo de un modelo ERGM es indispensable considerar: la red observada, el conjunto de nodos (generalmente considerado fijo), así como el rango de redes

posibles (el cual se considera mediante una distribución de probabilidad en el conjunto de todos los gráficos posibles con este número de nodos), además de buscar determinar los valores de parámetros, de tal manera que permitan conocer las características de reciprocidad, propensión a formar lazos, transitividad, homofilo, etc.

5.2.1 Forma general del modelo ERGM

En general, los modelos ERGM tienen la siguiente forma:

$$Pr(Y = y) = \left(\frac{1}{K}\right) \exp\{\sum_A \eta_A g_A(y)\} \dots\dots(1)$$

Donde:

- I. La suma está sobre todas las configuraciones A
- II. El parámetro A, es el correspondiente a la configuración A y es distinto de cero sólo si se supone que todos los pares de variables en A son condicionalmente dependiente
- III. $g_A = \prod_{Y_{ij} \in A} Y_{ij}$ =estadística de red correspondiente a la configuración A
- IV. $g_A(y) = 1$ si la configuración se observa en la red “y”, y es 0 de lo contrario
- V. K es una cantidad normalizadora que asegura que el modelo es una distribución de probabilidad adecuada.

Todos los modelos de ERGM son de la forma de la ecuación (1), de manera que describen una distribución de probabilidad general de gráficos en n nodos. Esta probabilidad depende tanto de las estadísticas $g_A(y)$ en la red “y” (la cual nos dice si la configuración A se observa en la red “y”), como de los diversos parámetros distintos de cero, para todas las configuraciones A (las cuales hacen referencia a un subconjunto de variables de enlace: recíprocos, tríadas transitivas, etc.; representando únicamente posibilidades) en el modelo.

5.2.2 Marco general para la construcción de modelos

De acuerdo con Robins *et al.*, (2007), para crear un ERGM que modele el comportamiento de una red social, se deben seguir cinco pasos, mismos que permitirán al investigador tomar decisiones explícitas que conectan las decisiones teóricas con el análisis A partir de la revisión sobre los modelos SIENA, se conocen los pasos a seguir para desarrollar cada modelo; no obstante, se selección el ERGM justo por las características de los datos. Siendo las bases que se requieren para la versión conceptual. A continuación, se muestran los pasos

a seguir para lograr el modelo conceptual ERGM que analice la caracterización de las relaciones en el proceso MoCBI; sin embargo, el desarrollo específico de las fases involucradas con la jerarquización, selección de efectos, hipótesis de dependencia, etc. se muestran de manera más extensa en el Anexo E.

- Cada “lazo” se considera como una variable aleatoria

Al asumir que los lazos son variables aleatorias, permitimos afirmar que no sabemos todo acerca de la formación de relaciones entre agentes de la red, de manera que nuestro modelo no será perfecto y tendrá algún ruido estadístico que no se podrá explicar con éxito⁴.

De esta forma definimos:

- i, j , con $i \neq j$, como cualesquiera dos miembros $\in N = \{n \text{ agentes de la red}\}$;
- $Y_{ij} = 1$ si hay un lazo entre el actor i y el actor j ;
- $Y_{ij} = 0$ si no lo hay;
- y_{ij} = valor observado de la variable Y_{ij} ;
- Y = matriz de todas las variables
- y = matriz de lazos observados

Cabe mencionar que las siguientes etapas no se desarrollarán en el presente trabajo, pero se dejan como referencia teórica para futuros proyectos (para ahondar más en cada etapa ir a Anexo E.). Además, su presentación permite identificar algunas características y necesidades de información en caso de plantearse una investigación a futuro para el desarrollo del ERGM completo.

- a) Se propone hipótesis de dependencia, que define contingencias entre las variables de red

Esta hipótesis mostrará los procesos sociales locales que se supone llegan a generar los lazos de la red. En este caso se pueden suponer independencia, dependencia diádica, homófilo,

⁴ Nota: Para redes dirigidas $Y_{ij} \neq Y_{ji}$; mientras que para redes no dirigidas $Y_{ij} = Y_{ji}$

transitividad, etc. Entre cualquier par de agentes o definitivamente entre los agentes completos de la red.

b) La hipótesis de dependencia implica una forma particular al modelo

Los supuestos de dependencia implican una clase particular de modelos a desarrollar. A continuación se muestran los modelos considerados de acuerdo a los supuestos de dependencia (para mayor información revisar Anexo E.):

- Gráficos de Bernoulli: Las distribuciones aleatorias de gráficos de Bernoulli se generan cuando asumimos que los bordes son independientes.
- Modelos diádicos: La asunción de independencia diádica; es decir, que los diádicos, son independientes entre sí.
- Gráficos aleatorios de Markov: La dependencia de Markov, supone que un posible empate de i a j está supeditado a cualquier otro posible empate que implique i o j , incluso si se conoce el estado de todos los demás lazos en la red.
- Estructuras de dependencia con variables a nivel de nodo: Son diferentes formas de introducir efectos de nivel de nodo (atributos de actor).
- Nuevas especificaciones del modelo: Una motivación adicional para introducir ajustes es que la dependencia de Markov parece poco realista para las grandes redes, donde los agentes individuales pueden ni siquiera ser conscientes el uno del otro, y no tienen medios para entrar en contacto, sin embargo, su posible empate todavía se toma para influir en otros posibles lazos.

c) Simplificación de los parámetros a través de la homogeneidad u otras limitaciones

Para lograr la definición de un modelo, es necesario reducir el número de parámetros. En este caso, se pueden presentar relaciones entre parámetros que muestren los efectos de la red modelada (para mayor información revisar Anexo E.).

d) Estimar e interpretar los parámetros del modelo

Una vez logrados los pasos anteriores y obtenidas las estimaciones de parámetros, así como las de la incertidumbre de estimación, de forma que se puede aprovechar el modelo desarrollado para explorar comportamientos de la red en cuanto a los resultados, inferencias

de los parámetros, entre otras que permitan conocer tanto las limitaciones actuales del modelo como su grado de representación de la red social (para mayor información revisar Anexo E.).

5.3 Aplicaciones del modelo SIENA

Una vez definidas las características y etapas necesarias para desarrollar un modelo conceptual, se realizó una revisión sobre las aplicaciones actuales de modelos SIENA en temas relacionados con nuestra investigación: transferencia de conocimiento, diabetes, salud, intercambio de conocimiento, etc.; de manera que nos permitiera conocer en relación con los objetivos de este proyecto, las características que los describen y la forma en la que se desarrollaron. Además, se presentan en forma de lista en la Tabla 6 los detalles principales de las aplicaciones de SIENA que correspondían con la búsqueda de palabras clave realizada dentro de la página SIENA.

- Buchmann (2014) en “*The Evolution of Innovation Networks: An Automotive case of Study*”; plantea diversos tipos de determinantes para analizar la evolución de una red de innovación en el caso de empresas automotrices alemanas. Además, clasifica la transferencia de conocimiento por medio de información de patentes y proyectos de I+D financiados por el sector público.
- Zappa (2011) en “*The network structure of knowledge sharing among physicians*”; aplica el análisis de redes sociales para modelar el intercambio de conocimientos entre los médicos de un hospital. A partir de una comprensión del mismo en dos direcciones: describiendo cómo fluye el conocimiento e identificando factores individuales y contextuales que facilitan su difusión espontánea. El documento representa el intercambio de conocimientos sobre la innovación como red. Por lo tanto, desarrolla modelos p* para reconstruir la estructura de red del intercambio de conocimientos y probar el efecto de factores exógenos sobre la tendencia a actuar en la red.
- Luo *et al.*, (2015) en “*A study on coevolutionary dynamics of knowledge diffusion and social network structure*” desarrollan un modelo de simulación para analizar la relación entre la difusión del conocimiento y características estructurales de una red de conocimiento. En este trabajo resaltan las influencias bidireccionales entre la transferencia de conocimiento y el ajuste de vecindad dando lugar a la coevolución

de la estructura de la red y la difusión del conocimiento a nivel global. En particular se observa la evolución de la estructura de “mundo pequeño” durante el proceso de transferencia de conocimiento.

- Wu *et al.*, (2017) en “*A Contrastive Study on Dynamic Evolution of Users Relationship Network in Online Health Community based on Stochastic Actor-oriented Model*”; toman la comunidad de diabetes más grande de China “*Sweet Home*” como investigación, y utilizan SIENA, para estudiar el impacto de los atributos individuales y la estructura de la red, en la evolución de los usuarios. Se encuentra que en sub-foros que se relacionan altamente con la diabetes, los atributos básicos del usuario (género, edad y tipo de enfermedad) tienen un impacto significativo en la formación de relaciones, mientras que en el sub-foro de compartir y acompañar, los atributos detallados como la cantidad de amigos, el tiempo en línea son los que impactan.

En los casos anteriores se deja en claro la relevancia de entender el proceso de la evolución y las características estructurales de una red, además de enfatizar su atención en entender el proceso de coevolución de la red y cómo la difusión del conocimiento puede tener impacto en la generación de nuevas interacciones entre agentes.

A continuación se presenta un listado de la revisión realizada a las aplicaciones del modelo SIENA. Encontrando a partir de esta revisión, la diversidad de problemas tratados a partir de esta metodología, además de resaltar la poca representatividad de modelos p^* o modelos ERGM encontrados dentro de la página oficial de SIENA.

Tabla 6 Aplicaciones del modelo SIENA

Título del trabajo	Objetivo de estudio	Autores
La evolución de las redes de innovación: un caso de estudio de automotriz	Se plantean diferentes determinantes para analizar la evolución de una red en el caso de empresas automotrices alemanas	Buchmann, T (2014)
Dinámica endógena de las redes de innovación en la industria automotriz alemana: análisis de la evolución de la red estructural utilizando un enfoque estocástico orientado al actor	La investigación indica que la dinámica estructural de las redes está impulsada tanto por fuerzas endógenas como exógenas. Emplean un conjunto de datos longitudinal que comprende el desempeño de las empresas automotrices alemanas entre 2002 y 2006 y aplican un modelo estocástico orientado al actor (SAOM) diseñado para analizar los determinantes endógenos y exógenos del cambio de red.	Hain, D; Buchmann, T; Kudic M; Müller, M (2018)
La evolución de las redes de innovación: el caso de una red automotriz alemana financiada con fondos públicos	En este artículo analiza la evolución de una red de I + D entre empresas financiada con fondos públicos en la industria automotriz alemana entre 1998 y 2007. Un modelo SIENA permite estimar el papel de varios impulsores del proceso de cambio evolutivo. Se prueba las hipótesis derivadas de un marco de innovación y economía evolutiva y se muestra que las posiciones estructurales de las empresas, así como las covariables de actores y covariables diádicas son determinantes influyentes de la evolución de la red. Los resultados indican que los efectos relacionados con el conocimiento, como la capacidad de absorción, la distancia tecnológica y la modularidad	Buchmann, T; Pyka, A (2014)

	de la base de conocimiento, son determinantes significativos de la evolución de la red.	
La estructura de red de intercambio de conocimientos entre los médicos.	Este documento aplica el análisis de redes sociales para modelar el intercambio de conocimientos entre los médicos del hospital. Su objetivo es proporcionar una mejor comprensión del intercambio de conocimientos en dos direcciones: describiendo cómo fluye el conocimiento e identificando factores individuales y contextuales que facilitan su difusión espontánea.	Zappa, P (2011)
Explorando los comportamientos de redes de las organizaciones hospitalarias.	A pesar de que existe un amplio conocimiento sobre los resultados de la red y sobre cómo las estructuras de la red hospitalaria pueden contribuir a la creación de resultados en diferentes niveles de análisis, se ha prestado menos atención a comprender cómo y por qué las redes organizativas del hospital evolucionan y cambian. El objetivo de este trabajo es estudiar la dinámica de los comportamientos de redes de las organizaciones hospitalarias.	Di Vincenzo, F (2018)
La evolución de las redes sociales a través de la implementación de intervenciones de toma de decisiones basadas en evidencia: un análisis longitudinal de tres unidades de salud pública en Canadá	Utilizan SIENA para estudiar la evolución de las redes. Ponen a prueba el efecto de la participación en la intervención, los puntajes de comportamiento de EIDM, las divisiones organizacionales y la dinámica estructural de las redes sociales sobre la tendencia del personal a seleccionar fuentes de información y el cambio en su tendencia entre el año 1 y el año 2 de seguimiento.	Yousefi-Nooraie, R; Dobbins, M; Marín, A; Hanneman, R y Lohfeld, L (2015)

<p>Un estudio contrastante sobre la evolución dinámica de la red de relaciones de los usuarios en la comunidad de salud en línea basado en un modelo estocástico orientado al actor</p>	<p>Estudian el impacto de los atributos individuales y la estructura de la red en la evolución de los usuarios. Se encuentra que en sub-foros que se relacionan altamente con la diabetes, los atributos básicos del usuario (género, edad y tipo de enfermedad) tienen un impacto significativo en la formación de relaciones, mientras que en el sub-foro de compartir y acompañar, los atributos detallados como la cantidad de amigos, el tiempo en línea son los que impactan.</p>	<p>Wu, J; Shi, L; Zhou, L; Li, S (2017)</p>
<p>Un estudio sobre la dinámica coevolutiva de la difusión del conocimiento y la estructura de las redes sociales</p>	<p>Desarrollan un modelo de simulación para analizar la relación entre la difusión del conocimiento y características estructurales de la red de conocimiento. En este trabajo resaltan las influencias bidireccionales entre la transferencia de conocimiento y el ajuste de vecindad dan lugar a la coevolución de la estructura de la red y la difusión del conocimiento a nivel global.</p>	<p>Luo, Du, Liu, Xuan, y Wang (2015)</p>

Fuente: Elaboración propia

5.4 Aplicaciones del modelo SIENA-ERGM en Salud

De acuerdo con la revisión anterior, se realizó una segmentación de todos los artículos seleccionados con posibles semejanzas al desarrollo de este proyecto. De esta revisión, se identificaron cuatro publicaciones que se consideraron con mayor grado de acercamiento al proyecto. De los cuales se reconocen las posibles características y métodos de desarrollo que pudieran ser replicables, además de la forma de uso y aplicación de los diferentes modelos SIENA de acuerdo a las fuentes de información disponible.

- Zappa (2011) en *“The network structure of knowledge sharing among physicians”*; como se mencionó anteriormente aplica el análisis de redes sociales para modelar el intercambio de conocimientos entre los médicos de un hospital. De esta forma, a partir del uso de un modelo ERGM, busca la probabilidad de observar una estructura de red global específica que depende de la presencia de varias configuraciones de red, es decir, procesos que ocurren en las vecindades sociales locales de la propia red. La estimación de los parámetros se realiza a través de un procedimiento ML (máxima verosimilitud) de cadena Monte Carlo Markov (MCML). Sin embargo, en su estudio proporciona una mejor comprensión del intercambio desde: como fluye el conocimiento e identificando factores individuales y contextuales que facilitan su difusión espontánea.
- Reza *et al.*, (2015) en *“The evolution of social networks through the implementation of evidence-informed decision-making interventions: a longitudinal analysis of three public health units in Canada”*; estudian la evolución de las redes de búsqueda de información durante un período de 2 años, en el cual se implementó una intervención en toda la organización para promover la toma de decisiones informada por evidencia (EIDM) en tres unidades de salud pública en Ontario, Canadá. Además se realizan dos seguimientos anuales, permitiéndole comprender cómo las redes de búsqueda de información, la participación en la intervención y el comportamiento informado del personal evolucionaron con el tiempo. En este trabajo se utilizan modelos estocásticos orientados al actor para estudiar la evolución de las redes, y la dinámica de las relaciones sociales. De manera que les permite predecir la formación de lazos entre las personas como producto de varias propiedades micro-estructurales de las redes y los atributos de las personas, controlando las tendencias internas de las redes sociales.

- Valente *et al.*, (2010) en “*A Network Assessment of Community-Based Participatory Research: Linking Communities and Universities to Reduce Cancer Disparities*”; se buscó determinar si una iniciativa basada en la comunidad (diseñada para reducir las disparidades de cáncer entre los isleños del Pacífico en el sur de California) aumentó las comunicaciones entre las organizaciones comunitarias y los investigadores universitarios. Este estudio se diseñó para determinar si las actividades de divulgación basadas en la comunidad pueden aumentar las redes relacionadas con el cáncer que conectan las OBC con los investigadores universitarios. El modelo de evolución de la red prueba si los enlaces se basaban en el tipo de organización, además de estudiar los efectos estructurales de la red: densidad, reciprocidad y transitividad.
- Bunger *et al.*, (2014) en “*Building Service Delivery Networks: Partnership Evolution Among Children’s Behavioral Health Agencies in Response to New Funding*”; se amplía la investigación previa sobre el cambio de red, examinando las formas en que los procesos de selección explican la evolución de una red regional de salud conductual infantil en medio de fluctuaciones de financiación. Para explicar el cambio observado en la red entre 2009 y 2011, se instaló un SAOM (es un enfoque de modelado desarrollado recientemente para las redes sociales observadas longitudinalmente que captura las fuerzas subyacentes a los cambios individuales de vinculación; el SAOM es un modelo de tiempo continuo de datos observados discretamente). Mostrando que tanto las redes de intercambio de experiencia en materia de derivación como las de personal se volvieron más densas, más fuertes e integradas a lo largo del tiempo, lo que refleja asociaciones de servicios cada vez más intensivas entre los organismos.

A continuación se presentan las Tablas 7 y 8 donde se enlistan los autores, título, objetivo y principales características de los modelos aplicados a salud con desarrollo de ERGM, a partir de los cuales se analiza la forma de aplicar la metodología, así como el desarrollo de la especificación de los modelos a utilizar en cada caso.

Tabla 7 Aplicaciones de SIENA-Salud P.1.

Autor	Título	Objetivo	Modelo	Principales resultados
Paola Zappa	La estructura de red de intercambio de conocimientos entre los médicos.	Aplicar el análisis de redes sociales para modelar el intercambio de conocimientos entre médicos de hospitales italianos. Proporcionando una mejor comprensión del intercambio desde: como fluye el conocimiento e identificando factores individuales y contextuales que facilitan su difusión espontánea.	Red binaria no dirigida (nodos= médicos, lazos= flujos de conocimiento entre parejas) Modelo de gráfico aleatorio exponencial (ERGM) o P* para redes sociales (modelos estocásticos que capturan la estructura de las redes empíricas, permitiendo inferencias sobre los procesos subyacentes) La probabilidad de observar una estructura de red global específica depende de la presencia de varias configuraciones de red, es decir, procesos que ocurren en las vecindades sociales locales de la propia red. La estimación de los parámetros se realiza a través de un procedimiento de cadena Monte Carlo Markov (MCML)	<p>La mayoría de los médicos prefirieron discutir el tema del medicamento con colegas Los médicos muy prominentes apenas son elegidos como socios de discusión Se proporciona evidencia empírica de que la propensión a compartir información con colegas se ve muy afectada por las características de cada individuo (experiencia, actitud ante innovación, exposición a comunicación comercial)</p> <p>Las redes sociales aceleran la comprensión generalizada de las innovaciones. Las relaciones de intercambio de conocimientos se basan en gran medida en la proximidad. Los altos niveles de dispersión geográfica e incertidumbre a los que se enfrenta no llevan a los médicos especialistas a buscar mayores competencias entre colegas distantes. Como era de esperar, los factores que afectan a la posibilidad de adoptar una innovación influyen también en la tendencia a interactuar con los colegas. El efecto más fuerte es el de la orientación de la investigación (medido como el número medio de publicaciones por año). Los médicos, entonces, tienen una alta propensión a entablar relaciones con colegas igualmente ancianos e informados. Estar en el mismo hospital aumenta significativamente la probabilidad de interactuar con sus colegas. Los médicos con los mismos antecedentes científicos son más propensos a discutir sobre la innovación.</p>
Reza Yousefi, Nooraie, Maureen, Dobbins, Alexandra, Marin, Robert Hanneman y Lynne Lohfeld	La evolución de las redes sociales a través de la implementación de intervenciones de toma de decisiones basadas en evidencia: un análisis longitudinal de tres unidades de salud pública en Canadá	Estudiamos la evolución de las redes de búsqueda de información durante un período de 2 años durante el cual se implementó una intervención en toda la organización para promover la toma de decisiones informada por evidencia (EIDM) en tres unidades de salud pública en Ontario, Canadá.	Utilizamos modelos estocásticos orientados al actor (SAOM) para evaluar la dinámica y evolución de las relaciones sociales Estos modelos predicen la formación de lazos entre las personas como producto de varias propiedades microestructurales de las redes y los atributos personales de las personas, controlando las tendencias internas de las redes sociales	<p>En las tres unidades de salud, y especialmente en las dos unidades con niveles más altos de participación en la intervención, la red evolucionó hacia una estructura más centralizada, con una importancia creciente del personal ya central. En la unidad de salud pública que tuvo el mayor compromiso y un mayor apoyo de liderazgo, el personal comprometido se volvió más central. En todas las unidades de salud pública, el personal comprometido mostró una tendencia creciente a formar grupos. El personal de las tres unidades de salud pública mostró una tendencia a limitar sus conexiones dentro de sus divisiones.</p>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8 Aplicaciones SIENA-Salud P.2.

Autor	Título	Objetivo	Modelo	Principales resultados
Valente, Thomas W, PhD; Fujimoto, Kayo, PhD; Palmer, Paula, PhD; Tanjasiri, Sora Park, DrPH	Una evaluación de la red de la investigación participativa basada en la comunidad: Vincular comunidades y universidades para reducir las disparidades de cáncer	Se buscó determinar si una iniciativa basada en la comunidad diseñada para reducir las disparidades de cáncer entre los isleños del Pacífico en el sur de California aumentó las comunicaciones entre las organizaciones comunitarias y los investigadores universitarios.	Se utilizó una regresión algo tradicional con regresión probit para estimar los factores asociados con la tasa de vinculación para probar atributos organizacionales como el tipo de organización, la participación del programa y la tenencia Se estimó un modelo de evolución de la red para probar la probabilidad de un vínculo entre organizaciones para determinar si el tipo de organización (CBO vs universidad) influyó en la creación de vínculos. El modelo de regresión también fue reestimado mediante el uso de un modelo probit de efectos aleatorios para controlar el agrupamiento de respuestas y atributos dentro de las organizaciones.	Se encontró que, durante los dos años de estudio, las OBC incrementaron su conexión entre sí ($b=0.44$; $P<.05$) y con las universidades ($b=0.46$; $P<.05$), pero que los investigadores universitarios no aumentaron su conexión entre sí ni con las OBC. La concienciación sobre el cáncer, la educación sobre el cáncer y el acceso a los servicios contra el cáncer son bajos entre los grupos de las islas del Pacífico, y este estudio proporciona un intento inicial de reducir estas disparidades La tasa media de vinculación (porcentaje de encuestados en la organización que designó a otra organización) fue del 22% en el momento 1 y aumentó al 33% en el momento 2 Los análisis de los modelos de regresión y evolución de la red arrojaron resultados similares, lo que indica un aumento de los vínculos entre las organizaciones comunitarias y las universidades, pero no entre las universidades y las organizaciones comunitarias Los análisis estadísticos mostraron que durante el estudio aumentaron los vínculos entre las organizaciones comunitarias y otras organizaciones comunitarias y entre las organizaciones comunitarias y las universidades. Por el contrario, los profesores universitarios no aumentaron sus vínculos con otras universidades ni con las organizaciones comunitarias.
Alicia C Bunger, Nathan J. Doogan y Yiwen Cao	Creación de redes de prestación de servicios: evolución de la asociación entre las agencias de salud del comportamiento de los niños en respuesta a nuevos fondos	Este estudio amplía la investigación previa sobre el cambio de red examinando las formas en que los procesos de selección de asociaciones explican la evolución de una red regional de salud conductual infantil en medio de fluctuaciones de financiación Para probar la hipótesis sobre la dinámica de selección de socios, se utiliza un modelo estocástico orientado al actor (SAOM) de dinámica de red.	El paquete SNA en R se utilizó para trazar los cambios de las redes de referencia y de intercambio de información del personal a lo largo del tiempo Además, se calcularon y compararon cuatro métricas de red global (densidad, reciprocidad, transitividad y coeficiente de similitud de Jaccard) para indicar los cambios en la conexión general, la fuerza de referencia y la experiencia del personal que comparten redes a lo largo del tiempo Para explicar el cambio observado entre las instantáneas de 2009 y 2011 de la red, se instaló un SAOM de dinámica de red (Snijders, 2011) en los datos de la red.	Los resultados sugieren que de 2009 a 2011, las redes de referencia como las redes de intercambio de conocimientos especializados del personal se volvieron más densas, más fuertes y más conectadas Cuanto más servicios tengan en común dos agencias, más probable es que compartan la experiencia del personal Las agencias prefirieron compartir la experiencia del personal con las agencias que repartían de nuevo La evolución de las asociaciones de intercambio de conocimientos especializados del personal está determinada en gran medida por los vínculos preexistentes y la estructura de la red Tanto las redes de intercambio de experiencia en materia de derivación como las de personal se volvieron más densas, más fuertes e integradas a lo largo del tiempo, lo que refleja asociaciones de servicios cada vez más intensivas entre los organismos. Las asociaciones de referencia ofrecen a las agencias la oportunidad de aprender más sobre los demás, reforzar la confiabilidad y establecer una base para otras actividades colaborativas, incluido el intercambio de experiencias del personal
Thomas W. Valente y Stephanie R. Pitts	Una evaluación de la teoría y el análisis de redes sociales aplicados a la salud pública: desafíos y oportunidades	Evaluar el estado actual de la ciencia de la aplicación de la teoría y el análisis de redes sociales (SNT / A) en el campo de la salud pública	El debate sobre la selección versus la influencia se ha intensificado en los últimos años, particularmente con el advenimiento de modelos estocásticos orientados al actor (SAOM), que pueden comparar los mecanismos de selección e influencia simultáneamente, aunque la selección se puede probar sin utilizar SAOM Las redes también son factores importantes que afectan la evaluación de todas las intervenciones de salud pública en al menos tres formas: (a) estimar los efectos de contagio o contagio, (b) comprender la prevalencia real, y (c) medir la moderación y la mediación de los efectos del programa	Las personas aprenden, contemplan, adquieren información, intentan y finalmente adoptan nuevos comportamientos en el contexto de sus relaciones interpersonales. Cuanto más complejo o desafiante es el tema del cambio de comportamiento, más personas confían en sus redes sociales en cada etapa del cambio. Al implementar técnicas de redes sociales en el programa de cambio de comportamiento, se puede lograr el mantenimiento sin costo adicional. Debido a que el programa de cambio está diseñado e implementado por miembros de la comunidad que permanecen integrados en la comunidad una vez que finaliza el programa, el proceso de cambio continúa y se refuerza Además, es difícil para las personas mantener su propio cambio de comportamiento personal, y muchas personas recaen en sus comportamientos originales después de completar una intervención de cambio de comportamiento

Fuente: Elaboración propia

6 Análisis de las fuentes de información

Para desarrollar el modelo conceptual, se busca aproximar la realidad a partir de un análisis cualitativo de fuentes de información obtenidas del proyecto de investigación titulado “Transferencia de conocimiento orientada hacia problemas nacionales de salud: el caso de la diabetes”, financiado por CONACYT (#258387), que incluye una lista de proyectos financiados sobre diabetes, una encuesta realizada a investigadores especializados o interesados en temas de diabetes, y un análisis bibliométrico sobre publicaciones en temas relacionados con la diabetes. A continuación, se describen brevemente:

1. Base de proyectos de investigación CONACYT: Dentro de esta base de datos, encontramos un listado de los proyectos financiados por el CONACYT para el período 2002-2014, en los cuales se describen las siguientes características: título del proyecto, rama de la salud en la cual se enfocan, temas y subtemas centrales, información relevante del proyecto, líneas de investigación, investigadores líderes del proyecto, institución de desarrollo, así como los resultados esperados del proyecto.
2. Análisis bibliométrico de producción científica sobre diabetes: En esta base de datos encontramos una revisión de los artículos y patentes publicados en el período 1950-2018, enfocados en temas de diabetes para el caso de México, de manera que permitan complementar la visión de los agentes relevantes y la intensidad de sus interacciones a partir de las publicaciones realizadas.
3. Encuesta nacional a investigadores enfocados en la diabetes en México, titulada “Encuesta Nacional Sobre Movilidad de Conocimiento”: Esta base de datos, permitirá el acercamiento con variables cualitativas de los investigadores enfocados en el tema de la diabetes en México, el tipo de investigación, la participación de los mismos en el sector privado, entre otras.

Una vez analizadas las fuentes de información disponibles, así como las características de las mismas, se confirma que se trata de datos de red transversal, en los cuales sólo disponemos de una observación en el tiempo. Retomando lo visto en el capítulo 4 de este documento y de acuerdo con Snijders *et al.*, (2007), es indispensable proceder con la descripción de los datos básicos, caracterización, descripción e identificación de las reglas, relaciones, objetivos y comportamientos que persiguen los agentes. De manera que se consoliden las bases

necesarias para el modelo conceptual. A continuación, se presenta de manera extensa el desarrollo de cada etapa:

6.1 Descripción detallada del problema a modelar

Como se ha mencionado a lo largo de este trabajo, los modelos ABM buscan representar o simular un fenómeno existente en la realidad. Para el caso de nuestro trabajo, el enfoque general está dirigido hacia el problema de la diabetes en México. No obstante, no se busca modelar el problema en su totalidad, sino poner atención en el problema de la generación, movilización y aplicación del conocimiento; permitiendo el entendimiento y caracterización de las relaciones que constituyen la Movilización de Conocimiento Basado en Investigación dentro del problema de la diabetes en México.

En este documento se ha realizado un acercamiento a los temas que tienen implicaciones con el problema central a modelar así como sus características, permitiendo así el desarrollo de las siguientes etapas para la generación de nuestro modelo conceptual.

6.2 Descripción y caracterización de los agentes involucrados en el sistema

6.2.1 Caracterización de los agentes: principales y secundarios

Al considerar el desarrollo de un modelo SIENA que represente las relaciones en la MoCBI, se entenderá que el nodo eje de análisis estará puesto en los investigadores, al ser los principales generadores de conocimiento y considerados indispensables para el desarrollo de las etapas de movilización y aplicación del conocimiento. Por lo tanto, para poder llevar a cabo la caracterización de los agentes involucrados en el proceso y el impacto que tendrán en el mismo, se desarrolló una primera clasificación que nos permitirá entender las características esenciales de nuestros agentes, así como la posición e impacto que tendrán en el modelo:

- a) *Principales*: Agentes involucrados directamente con el proceso MoCBI, de manera que su presencia/ausencia ocasionaría impactos positivos/negativos en el entendimiento del mismo. Son considerados como vitales para llevar a cabo la generación, movilización, uso y aplicación del conocimiento, además de estar vinculados con el resto de los agentes, de manera que su representatividad en el modelo nos permita alcanzar un conocimiento multinivel con respecto al comportamiento del sistema.

- i. **Academia:** La academia es vista en México como una organización capaz de proveer los principales insumos de conocimiento en el sistema, además de considerarse la principal generadora de conocimiento y recurso humano especializado. En el SNI mexicano, se tienen diversos tipos de entidades pertenecientes al sector académico, entre los cuales resaltan los siguientes: IES públicos/privados y Centros de Investigación y Desarrollo (CID) públicos/privados; mismos que dentro de su estructura cuentan con financiamiento por parte del Estado y en algunos casos logran la generación de ingresos de forma independiente. Estos agentes de acuerdo a las fuentes de información utilizadas para este trabajo, se distribuyen a lo largo del país, permitiendo que al menos cada estado cuente con una IES o CID. Sin embargo, en cuestión de la producción y movilización del conocimiento en particular para la diabetes, encontramos una tendencia en la participación de IES pertenecientes a la zona metropolitana del país. Mismas que en algunos casos vinculan sus actividades con CID especializados, impulsando la generación de conocimiento especializado para ser empleado en la docencia y ser introducido en el sector productivo o en otras áreas de la economía. Cabe resaltar que los investigadores son considerados parte de las universidades, como los principales generadores del conocimiento y su participación se refleja en todas las etapas del proceso MoCBI, además de presentar una interacción en distintos niveles con el resto de agentes del sistema. Por esta razón, tomamos como unidad de observación al investigador ya que este tiene una aportación representativa en la academia, sin embargo cabe resaltar que al considerar a los investigadores como fundamentales en la generación de conocimiento se incluirán para esta investigación a todos los que se encuentren dentro de los agentes del sistema, es decir se incluyen investigadores pertenecientes a IES, CID, Institutos de Salud, etc. siempre y cuando estos realicen actividades de investigación y generación de conocimiento.
- b) **Secundarios:** Agentes considerados externos por el impacto que generan en los principales, a través de las interacciones. Estos agentes, tienen efectos en algunas de las etapas del proceso MoCBI.

- i. Gobierno y hacedores de políticas: Es el principal encargado de identificar las necesidades o demandas sociales, además de considerar actividades de vinculación con investigadores y sector productivo para poder dar solución a los requerimientos de la población. Por otra parte, es responsable de impulsar la generación de conocimiento científico y tecnológico en favor de la sociedad y de llevar a cabo estas actividades a partir del desarrollo de programas y políticas públicas con objetivos sociales. Otra de las actividades que lleva a cabo, está relacionada con la transferencia de conocimiento hacia el sector productivo, impulsando la formación y establecimiento de vínculos entre los agentes del sistema.
- ii. Sector salud: Los hospitales, institutos y organizaciones pertenecientes al sector salud son vistos como una fuente considerable de generación de conocimiento académico y práctico, por lo cual resalta su vinculación con los demás agentes del sistema y sobre todo con la academia; además de ser considerados generadores de conocimiento y núcleos de acumulación de recursos tecnológicos, materiales y humanos de los dispositivos sanitarios. Cuentan con una estructura e integración de diversas áreas y CID que permiten llevar a cabo la investigación especializada hacia la generación de conocimiento aplicable y por ende la aplicación del mismo en usuarios y beneficiarios directos.
- iii. Sector productivo: visto tanto como generador de tecnologías y conocimientos como demandante de éstos. Participando mediante vínculos con los demás agentes del sistema desde la demanda del conocimiento, hasta la aplicación del mismo, concluyendo con el desarrollo de productos que se integren al mercado.

6.2.2 Descripción de los agentes- Nodo principal: Investigadores

De acuerdo con la estructura y los objetivos que persiguen los modelos ABM, es indispensable considerar en el desarrollo del modelo el análisis de las relaciones que se tiene entre agentes desde una perspectiva sistémica. De manera que se logre el entendimiento tanto de las fases que integran el proceso MoCBI, sus características, los agentes involucrados en cada fase, así como las relaciones que se llevan entre ellos. Sin embargo, en esta etapa de desarrollo nos centraremos en la parte conceptual. Razón por la cual, una vez revisadas las fuentes de información disponibles e identificadas las principales características que

presentan los agentes, se optó el desarrollo de nuestro modelo desde la perspectiva de un agente principal “los investigadores”, el cual tiene representación en todas las fases del proceso y muestra interacciones significativas con los demás agentes, considerado de esta forma como imprescindible dentro del sistema.

Dada la relevancia descrita anteriormente y el enfoque en esta primera etapa sobre los investigadores, a continuación se realizará una descripción a profundidad de su participación y las actividades que llevan a cabo dentro del sistema:

En México, desde 1984 se cuenta con un Sistema Nacional de Investigadores coordinado por CONACYT, en el cual se reconoce y gestiona la labor de producción de conocimiento científico y tecnológico, además de encargarse de la entrega de estímulos económicos para los investigadores en relación con el nivel que tengan asignado. De acuerdo con CONACYT (2020) un investigador es *una persona que realiza habitual y sistemáticamente actividades de investigación científica o tecnológica*. Esta definición es complementada por Rivas (2011) al considerar que un investigador es *una persona que crea conocimiento original*. Sin embargo, para lograr estos objetivos un investigador debe contar con competencias y habilidades que pueden ser desarrolladas. Estas competencias, desde la revisión del modelo LART, son las siguientes: Plantear un problema, elaborar un marco conceptual, revisar el estado del arte, crear y validar un instrumento de recolección de datos, construir y validar modelos, dominar técnicas de análisis de datos, dominar el estilo de redacción científica, presentar trabajos de investigación en congresos y saber de idiomas y conocimientos de arte y cultura universal (Rivas, 2011).

Analizando las definiciones anteriores, encontramos en general que un investigador es el encargado de realizar actividades de investigación relacionadas con la producción de conocimiento, por lo cual en el cumplimiento de este objetivo lleva a cabo actividades de movilización y aplicación de conocimiento, resaltando su importancia dentro del proceso de la MoCBI.

6.3 Descripción de los datos básicos

Retomando los puntos que se han mencionado dentro del capítulo 5 de este trabajo y dadas las fuentes de información disponibles para el desarrollo de nuestra investigación, el método estadístico implementado para el desarrollo de nuestro modelo conceptual, es el de ERGM,

en el cual se tiene un conjunto de datos observados de la red y permite varios tipos de variables, de las cuales encontramos las siguientes en nuestro modelo:

6.3.1 Variables ligadas al actor o individuales

Son también llamadas atributos del actor, son simbolizadas en nuestro modelo como V_i para cada actor i , las cuales de acuerdo a las fuentes de información son consideradas cambiantes independientes.

Donde:

- $i=1$ = Academia
- $i=2$ = Gobierno y hacedores de políticas
- $i=3$ = Sector salud
- $i=4$ = Sector productivo

De acuerdo con el análisis de la información disponible, se reconocieron algunas características de los archivos “dígrafo”, las cuales se ejemplifican a partir de matrices de adyacencia (únicamente se muestran como ejemplo de lo que se espera dadas las características del sistema) las relaciones y redes generadas a partir de los agentes dentro del proceso MoCBI. En las matrices de ejemplo se muestra la interacción identificada con valores estructuralmente determinados entre cada actor del sistema, resaltando que en algunos casos no se encuentra una correspondencia en las actividades desarrolladas por cada agente.

Figura 2 Ejemplo de matrices de adyacencia con respecto a los agentes para el proceso MoCBI

Matrices de Adyacencia:

	Fase Demanda	Fase Movilización	Fase Aplicación
	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
1	$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$
2	$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$
3	$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$
4	$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$

Donde $i=1,2,3,4$ y representa:

1= Academia

2= Gobierno

3= Sector Salud

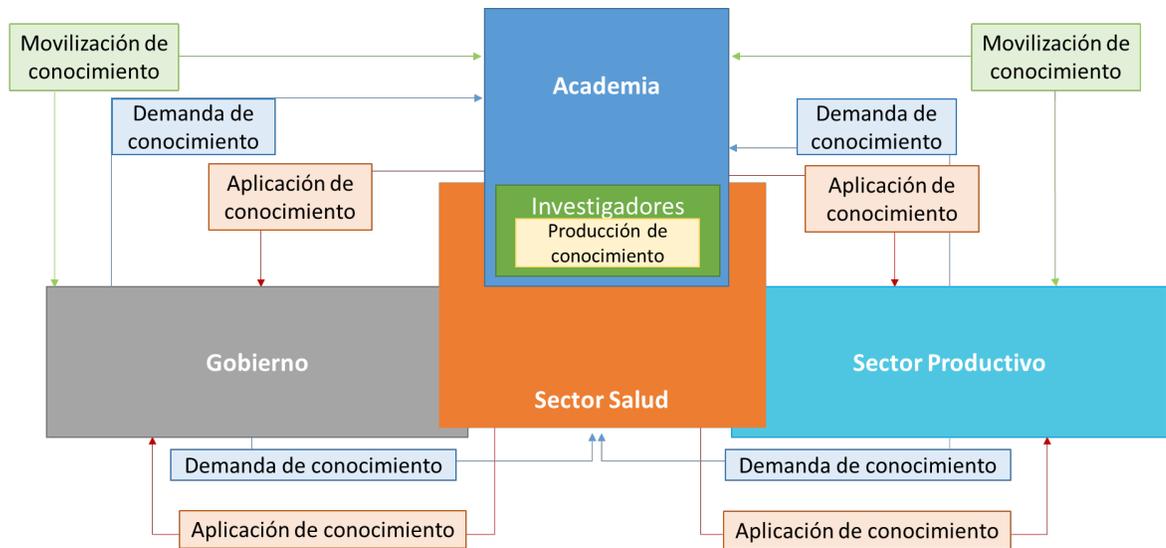
4= Sector Productivo

Fuente: Elaboración propia en base a (Snijders et al., 2007, p. 12)

Una vez identificado el actor principal, se realizará la evaluación y análisis de su participación, relaciones, características y funciones realizadas dentro del sistema. Además de ejemplificar las mismas a través de un diagrama de flujo en el cual se integran las fases del proceso MoCBI, los agentes secundarios y las principales relaciones funcionales que llevan a cabo (Figura 3). Cabe resaltar, que este diagrama es una adecuación del presentado en la Figura 1, pero desde la perspectiva de SIENA. Esta propuesta se basa en la participación de agentes en cada fase del proceso MoCBI. Resaltando que cada agente lleva a cabo funciones y roles dentro del proceso en cuestión de demanda, producción, movilización y aplicación del conocimiento.

En el Anexo F se muestra el desarrollo del diagrama de flujo por etapas, en el cual se presenta la participación de los agentes desde cada fase del proceso MoCBI, de manera que se integre el diagrama general presentado a continuación (Figura 3).

Figura 3 Flujograma del proceso MoCBI desde una perspectiva de agentes



Fuente: Elaboración propia, realizada a partir del análisis de datos y con base en (Snijders et al., 2007, p. 12)

En la Figura 3 se representan los flujos ejemplificados en las matrices de adyacencia, de manera que se integran en un solo diagrama las interacciones y funciones realizadas entre los agentes dentro del proceso MoCBI.

- En la fase de *producción de conocimiento* se observa una correspondencia directa con las actividades definidas anteriormente para el investigador. Razón por la cual la Academia y el Sector Salud (gozando de capacidades humanas, estructura e infraestructura) son las únicas que presentan aportación en actividades de generación de conocimiento. Además, se resaltan las actividades de demanda del conocimiento desde el Gobierno y el Sector Productivo hacia los generadores de conocimiento.
- De forma semejante, en la etapa de *movilización del conocimiento*, se muestra la generación de vínculos entre la Academia (por ende, los investigadores) y los otros agentes del sistema, engrosando los flujos bidireccionales. Sin embargo, es indispensable mencionar que no se espera encontrar de forma directa una vinculación fuerte entre el gobierno y el sector productivo para las actividades de movilización de conocimiento, lo cual resulta congruente con la forma en la que funciona la economía del país, de manera que existen fallas sistémicas entre las actividades que el Gobierno y el Sector Productivo desarrollan.

- Por último, en la etapa de *aplicación del conocimiento*, se observa una participación principal por parte de los generadores de conocimiento hacia los demás agentes del sistema, permitiendo con esto la llegada del conocimiento desarrollado hacia los usuarios y beneficiarios del mismo.

6.3.2 Covariables diádicas y variables cambiantes

De acuerdo con la definición realizada en el capítulo 5.2 sobre las covariables diádicas, una vez que se realizó la revisión y análisis de los datos disponibles, se tomó la determinación de acuerdo con las características de los mismos, de considerar como W_{ij} a las relaciones entre cualesquiera par ordenado de agentes (i, j) , de los cuales se realizó una caracterización a detalle a partir de la perspectiva de distancias. De esta forma en el capítulo 5.4.3 se detallará la operacionalización de las relaciones base del modelo conceptual.

Como ya se mencionó anteriormente, las fuentes de información disponibles permitirán el desarrollo de un modelo de datos transversales. Cabe resaltar que las variables presentan características cambiantes, al considerar el comportamiento de diversos agentes dentro de un sistema, de forma que se asemejan a las variables cambiantes con comportamiento de acción dependiente y cambios endógenos, es decir, que dependen de sus propios valores y de la red cambiante. Sin embargo, como los datos están tomados en un período establecido, no podremos alcanzar el nivel de especificidad requerido para observar el cambio y evolución de los datos en el tiempo, presentando una oportunidad de desarrollo interesante para investigaciones futuras.

6.4 Especificación del modelo ERGM

6.4.1 Desarrollo del modelo conceptual

Para lograr una correcta especificación del modelo, se hace hincapié en considerar los datos como una fuente para su desarrollo, de manera que estén empíricamente basados. Cabe resaltar que contamos con datos transversales y dinámicos, por lo que nuestro modelo se asemejará a un ERGM (modelo de gráfico aleatorio exponencial): estos modelos de probabilidad para redes en un conjunto determinado de agentes, permiten la generalización más allá de la restrictiva asunción de independencia diádica, apostando por la construcción a partir de una interpretación más realista de los fundamentos estructurales del comportamiento social.

Una vez identificado el tipo de modelo a desarrollar, es indispensable considerar desde la red observada el conjunto de nodos (generalmente considerado fijo), el rango de redes posibles, hasta buscar determinar los valores de parámetros, de tal manera que permitan conocer las características de reciprocidad, propensión a formar lazos, transitividad, homofilia, etc.

Sin embargo, después de definir los agentes, datos y características principales de los mismos; el paso a seguir es la especificación del modelo a utilizar en nuestro problema. A continuación y de acuerdo con las características identificadas en las fuentes de información, se desarrollaron los primeros dos pasos de los propuestos por Robins *et al.*, (2007) , mismos que nos permiten lograr la especificación conceptual del modelo planteado:

1) Cada “lazo” se considera como una variable aleatoria (v.a.)

Al considerarse el desarrollo de un modelo conceptual que busque el entendimiento de un problema social como el proceso de la MoCBI para el caso de la diabetes en México, es importante afirmar que no sabemos todo acerca de la formación de lazos o relaciones entre los agentes de la red, de manera que nuestro modelo presente ruidos estadísticos que no se podrán explicar con éxito.

De esta forma definimos:

- i, j , con $i \neq j$, como cualesquiera dos miembros $\in N = \{\text{Academia, Gobierno, Sector Salud, Sector Productivo}\}$;
- $Y_{ij} = 1$ si hay un lazo entre el actor i y el actor j ;
- $Y_{ij} = 0$ si no lo hay;
- y_{ij} =valor observado de la variable Y_{ij} ;
- Y = matriz de todas las variables;
- y =matriz de lazos observados.

Nota: Para nuestro modelo se trata de redes dirigidas por lo tanto $Y_{ij} \neq Y_{ji}$

A continuación se llevará a cabo el desarrollo por etapas de cada relación identificada entre los agentes del sistema desde la perspectiva de distancias y en combinación con las fases del proceso MoCBI. Cabe resaltar que las mismas relaciones están considerando un enfoque de

desarrollo desde el investigador, es decir, tienen en cuenta la participación de los demás agentes como efectos externos al investigador.

Dadas las delimitaciones de este trabajo, no se desarrollaron las siguientes etapas, en las cuales se deberá realizar la identificación y caracterización de las relaciones considerando a los demás agentes y al final integrar todas de manera que logremos la especificación completa del modelo a simular. Sin embargo, esta propuesta recoge las interacciones del actor principal y caracteriza los efectos de los otros agentes en el desarrollo de las relaciones y los cambios en los investigadores.

2) Descripción de las reglas de comportamiento y objetivos que seguirán los agentes

Para conocer el comportamiento, las funciones así como las actividades que llevan a cabo los investigadores dentro del sistema, se realizó una matriz que permita identificar la participación de los investigadores en cada etapa del proceso MoCBI. Además de buscar el entendimiento de los efectos que tienen los demás agentes sobre los investigadores.

En las Tabla 9 y 10 se presenta la matriz sintetizada sobre el análisis mencionado anteriormente (matriz completa en el Anexo G.). La misma se dividió en dos partes, la primera enfocada en las actividades y funciones de entrada y salida que tienen los agentes dentro del proceso; mientras la segunda considera las relaciones y actividades desarrolladas entre los investigadores y los agentes externos.

De esta forma a continuación detallaremos los principales hallazgos en cada etapa del proceso MoCBI con respecto a los investigadores.

- *Fase de producción de conocimiento:* En esta etapa los investigadores muestran una participación diversa, al desarrollar actividades relacionadas con la búsqueda y generación del conocimiento, así como ser desarrolladores de proyectos y líderes de los mismos. En esta etapa se muestran los incentivos y motivaciones como las funciones que impulsan el cumplimiento de sus objetivos, de manera que pueden ser factores determinantes para lograr la producción de conocimiento.
- *Fase de movilización de conocimiento:* En esta etapa los investigadores se encuentran como ejes estratégicos para las vinculaciones, difusión y movilización del

conocimiento. Teniendo como funciones para lograr sus objetivos y de acuerdo con la perspectiva DARE: cohesión, diversidad y difusión.

- *Fase de aplicación de conocimiento:* En esta etapa los investigadores muestran una participación a través de las vinculaciones y los desarrollos tecnológicos logrados. Además de lograr el impacto y desarrollo a través de técnicas, tecnología, etc., consideradas de igual forma funciones para el cumplimiento de la aplicación del conocimiento.

Tabla 9 Función del investigador (agente) dentro del proceso MoCBI

Función del investigador (agente) dentro del proceso MoCBI		
Fase del proceso	Funciones requeridas (actividades)	Entrada/ Salida
Producción de conocimiento	Líderes de desarrollo de proyectos para generación de conocimiento. Autores principales y colaboradores Búsqueda de conocimiento	Incentivos por parte de IES y CONACYT para el desarrollo de conocimiento en salud Incentivos por parte de IES y CID para el desarrollo de conocimiento en temas de diabetes Incentivos por publicaciones y conocimiento aplicable Motivaciones por desarrollar conocimiento científico y en temas de salud para mejora de la salud Motivaciones por parte del SNI, publicación de artículos, reconocimiento por generación de conocimiento científico en temas de salud
Movilización de conocimiento	Desarrollo de colaboraciones y vinculaciones para movilizar el conocimiento Difusión y experiencia para movilizar el conocimiento	Cohesión y diversidad entre IES/CID/ CONACYT para movilizar el conocimiento hacia el sector salud, productivo, etc. Cohesión y diversidad entre IES/CID para movilizar el conocimiento de salud hacia los sectores usuarios Cohesión y publicación de proyectos en temas de

	Movilización de conocimiento a través de cursos, congresos, capacitaciones, etc.	salud Difusión entre el medio científico y de salud pública Difusión entre grupo de investigadores Capacitaciones, cursos y movilización de conocimiento en temas de diabetes Posicionamiento por publicaciones en el campo de salud
Aplicación de conocimiento	Aplicación de conocimientos tecnológicos Vinculaciones relacionadas para lograr desarrollos aplicables, técnicas e innovaciones	Desarrollo de técnicas y dispositivos para mejora de la salud Impacto en recomendaciones de políticas públicas orientadas al desarrollo Aplicación de conocimiento en técnicas, dispositivos y herramientas para mejoras de la salud en el caso de la diabetes

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, en la segunda etapa de la matriz (Tabla 10), encontramos las relaciones y actividades entre el nodo principal (investigadores) y los agentes externos (otros agentes del sistema), de manera que para cada fase del proceso MoCBI podemos resaltar la interacción e influencia que se tiene. En esta etapa cabe resaltar que estamos modelando un único agente, pero el mismo no se piensa de forma aislada de los demás. A continuación, se presentan los principales resultados en cuanto a las relaciones:

- *Fase de producción de conocimiento:* En esta etapa encontramos que las relaciones entre los investigadores y el gobierno se enfocan principalmente en el cumplimiento de los objetivos de los hacedores de políticas, desarrollo de proyectos que impulsen las políticas públicas, generación de conocimiento enfocado en temas de salud y las motivaciones económicas y de posicionamiento en temas de diabetes en el país. Por otra parte, para la relación entre investigadores y el sector productivo tenemos las actividades de colaboración para lograr el desarrollo y pruebas de técnicas, además del conocimiento enfocado en el sector salud y la demanda de conocimiento para

solución de problemas de salud en específico (diabetes). Por último se muestran las actividades principales identificadas entre los investigadores y los demás agentes del sistema para la etapa de producción de conocimiento, de manera que sea más clara la vinculación entre ambos, así como el objetivo de sus relaciones al estar enfocadas en el cumplimiento, impacto e impulso de políticas públicas, entre otras para el caso de la relación con el gobierno y en la generación de conocimiento para cubrir demandas específicas en el caso del sector productivo.

- *Fase de movilización de conocimiento:* En esta etapa se muestran por un lado para la relación entre investigadores-gobierno: el desarrollo de vinculaciones para movilizar el conocimiento y técnicas generadas hacia la mejora de la salud, las interacciones y vinculaciones que permitan su movilización y la difusión del conocimiento generado para su futura aplicación. Por otro lado, se muestran en concordancia para las relaciones entre investigadores-sector productivo las vinculaciones para movilizar el conocimiento que cumpla las demandas del mercado en temas de salud (diabetes), vinculaciones para la difusión del conocimiento por parte de editoriales, laboratorios, etc. y la difusión del conocimiento entre el medio científico; mismas que permiten la movilización del conocimiento entre los diversos sectores. Por último se muestran las actividades principales identificadas entre los investigadores y los demás agentes del sistema para la etapa de movilización del conocimiento, de manera que sea más clara la forma en la que se relacionan. En esta parte se puede detallar que las actividades están relacionadas con la difusión del conocimiento generado y la retroalimentación a las políticas públicas, además de la generación de experiencia y uso de capacidades para lograr el objetivo de la movilización.
- *Fase de aplicación de conocimiento:* En esta etapa encontramos por un lado para las relaciones entre investigadores-gobierno las enfocadas en retroalimentación del conocimiento generado al ser aplicado en beneficiarios y usuarios, el desarrollo de mejoras para técnicas y dispositivos, y la generación de experiencia a partir de la aplicación del conocimiento. Además de mostrar las relaciones para los investigadores- sector productivo con el logro de posicionamiento de empresas y editoriales a partir del conocimiento aplicado y los grupos de investigación, mismos que se identifican con los impactos de los desarrollos y experiencias a través de la

aplicación del conocimiento. Por último se muestran las actividades principales identificadas entre los investigadores y los demás agentes del sistema para la etapa de aplicación del conocimiento, en las cuales se evidencian las actividades relacionadas con la generación de impactos, posicionamiento y desarrollo de aplicación del conocimiento.

Tabla 10 Matriz de relaciones entre los investigadores y otros agentes en el proceso MoCBI

Matriz de relaciones entre los investigadores y otros agentes en el proceso MoCBI		
Fase del proceso	Relación entre nodo principal y agentes externos	Actividades entre nodo y agentes externos
Producción de conocimiento	Inv-Gubernamental Cumplimiento de objetivos de los hacedores de políticas en temas de desarrollo Desarrollo de proyectos que impulsen las políticas públicas Generación de conocimiento enfocado en temas de salud Motivaciones económicas y de posicionamiento en temas de diabetes en el país	Inv-Gubernamental Trabajo en conjunto para cumplimiento de objetivos de desarrollo Impacto en recomendaciones de políticas públicas enfocadas en salud Impulso y cumplimiento de la Ley de CTI
	Inv- Sector Productivo Colaboraciones para desarrollo y pruebas de técnicas y conocimiento enfocado en el sector salud Demanda de conocimiento para solución de problemas de salud en específico (diabetes)	Inv- Sector Productivo Generación de conocimiento enfocado en demandas específicas de mejora de salud

<p>Movilización de conocimiento</p>	<p>Inv-Gubernamental</p> <p>Desarrollo de vinculaciones para movilizar el conocimiento y técnicas generadas hacia la mejora de la salud</p> <p>Interacciones y motivaciones que permitan su movilización</p> <p>Difusión del conocimiento generado para su futura aplicación</p> <hr/> <p>Inv- Sector Productivo</p> <p>Vinculaciones para el conocimiento de las demandas del mercado en temas de salud (diabetes)</p> <p>Vinculaciones para la difusión del conocimiento por parte de editoriales, laboratorios, etc.</p> <p>Difusión del conocimiento entre el medio científico</p>	<p>Inv-Gubernamental</p> <p>Difusión del conocimiento generado como parte del cumplimiento de los objetivos de las políticas públicas</p> <p>Retroalimentación de las políticas públicas de acuerdo a resultados</p> <hr/> <p>Inv- Sector Productivo</p> <p>Uso de infraestructura y capacidades técnicas para movilizar el conocimiento generado</p>
<p>Aplicación de conocimiento</p>	<p>Inv-Gubernamental</p> <p>Retroalimentación del conocimiento generado al ser aplicado en beneficiarios y usuarios</p> <p>Desarrollo de mejoras para las técnicas y dispositivos a partir de la aplicación del conocimiento</p> <p>Generación de experiencia a partir de la aplicación del conocimiento</p>	<p>Inv-Gubernamental</p> <p>Motivaciones por posicionamiento a través del conocimiento aplicado</p> <p>Impacto en la reforma de políticas públicas de acuerdo a los resultados</p> <p>Impacto en la generación de nuevos programas y políticas públicas enfocadas en la mejora de salud</p>

	Inv- Sector Productivo	
	Posicionamiento de empresas y editoriales a partir del conocimiento aplicado	Inv- Sector Productivo
	Grupos de investigación aplicados	Alcance de nuevos mercados gracias al conocimiento aplicado

Fuente: Elaboración propia

6.4.2 Identificación de las principales relaciones entre agentes: las distancias

Otra etapa considerada indispensable para lograr el desarrollo y especificación de nuestro modelo conceptual está encaminada con alcanzar la identificación de las principales relaciones que se llevan a cabo entre los agentes del sistema. Para lo cual, se realizó el cruce entre el proceso MoCBI con la perspectiva de distancias (Boschma, 2005), siempre considerando un enfoque primordial en los investigadores.

De esta forma al revisar y analizar los datos obtenidos en las fuentes de información se caracterización, describieron, identificaron y clasificaron las características más representativas de estos vínculos entre agentes para cada etapa del proceso MoCBI. Además, cabe mencionar que se categorizaron los lazos como directos y flexibles, es decir, los que se encontraron dentro de las fuentes de información y los que se considera pueden ser obtenidos a partir de las mismas.

Una vez obtenida la información de las Tablas 9 y 10 sobre la importancia de los investigadores, así como su participación, comportamiento y relación con los demás agentes del sistema a partir de objetivos y funciones, se procedió a identificar la presencia de los investigadores en cada etapa del proceso MoCBI, así como las relaciones vistas en términos de distancias.

En la Tabla 11 se presenta la matriz de relaciones con respecto a la perspectiva DARE, es decir, de acuerdo a la participación que tienen los investigadores en el sistema, se identificaron los lazos existentes entre estos y otros agentes de la red en cada fase del proceso MoCBI, para después caracterizar los mismos a partir de los diferentes tipos de distancias. Cabe mencionar que las relaciones consideradas *directas* permiten una sub-jerarquía: principales y secundarias, es decir, relaciones indispensables entre las etapas del proceso MoCBI y relaciones complementarias respectivamente, la cual en una investigación futura

permitirá el desarrollo de las hipótesis de dependencia, la identificación de los parámetros y por tanto la forma matemática que describirá el modelo.

De esta forma a continuación detallaremos los principales hallazgos en cuestión de relaciones encontradas en cada etapa del proceso MoCBI con respecto a la perspectiva de distancias (Boschma, 2005). En esta etapa se consideraron en primera instancia las actividades y funciones realizadas por los investigadores al relacionarse con los demás agentes del sistema. Además de identificar las características esenciales de las relaciones, de manera que fuera más sencilla la clasificación como distancias (geográfica, cognitiva, social, organizacional e institucional).

- *Fase de producción de conocimiento:* A partir del análisis de las fuentes de información, se determinaron las relaciones que podían surgir desde la perspectiva de los investigadores con respecto a la producción de conocimiento. De manera que a continuación se presentan las relaciones identificadas para cada tipo de distancia:
 - *Distancia Geográfica:* Al entenderse como la distancia física entre los agentes del sistema, encontramos que el contexto nacional/regional (ubicación del generador de conocimiento), así como el nivel de dispersión de los grupos de investigación tienen un papel clave para impulsar o disuadir la producción de conocimiento.
 - *Distancia Cognitiva:* La base de conocimiento entre dos agentes puede significar un entendimiento y proximidad en la generación de conocimiento, por esta razón esta distancia es vista en términos de los objetivos buscados por los investigadores, el lenguaje que dominan; así como el tema de desarrollo, línea y actividades de investigación que sigan, de manera que se generen vínculos y conocimiento entre investigadores que compartan estas características.
 - *Distancia Social:* Al ser una distancia que hace referencia a las relaciones sociales entre agentes, nuestro énfasis para la etapa de producción e conocimiento está en las características que compartan los grupos de investigación y el nivel de interacción que tengan entre ellos.

- *Distancia Organizacional:* Las interacciones jerárquicas se ven reflejadas a partir de las características de la institución y el lugar de adscripción, así como la organización del grupo de investigación a los que pertenezcan los investigadores.
- *Distancia Institucional:* En cuanto a las normas que determinan cómo se comportan los agentes encontramos los tipos de instituciones a los que pertenecen, su estructura y funcionamiento, así como la alineación del objetivo con las características institucionales.
- *Fase de movilización de conocimiento:* Una vez entendidos los objetivos y motivaciones de los investigadores para lograr la movilización del conocimiento entre los diferentes agentes del sistema; se determinaron las relaciones que podían surgir entre estos. A continuación se presentan los hallazgos para cada tipo de distancia:
 - *Distancia Geográfica:* Las relaciones encontradas para lograr la movilización de conocimiento entre diferentes agentes del sistema, considerando su colocación espacial están descritas por las vinculaciones y alcance de los medios de difusión de acuerdo al contexto donde se encuentren, así como por la dispersión geográfica entre grupos de investigación vinculados y la ubicación de las entidades con las que se realiza vinculación.
 - *Distancia Cognitiva:* Desde el enfoque cognitivo, encontramos que las relaciones entre agentes se generan a partir de la búsqueda de validación entre pares (reconocimiento y clasificación del tema) y los cursos y actividades de difusión de resultados (publicaciones, cursos, congresos, etc.)
 - *Distancia Social:* Nos muestra la relación e interacción directas entre involucrados (investigadores y otros sectores), así como la empatía entre las características de los investigadores del grupo y las relaciones entre investigadores determinadas por similitudes en cultura y país de desarrollo
 - *Distancia Organizacional:* En esta distancia encontramos las características de las organizaciones a través de las cuales se hace la difusión, así como las características de organización inter-institucional (para los grupos de investigadores, instituciones, etc.) y la vinculación con otros grupos de institución.

- *Distancia Institucional:* En cuanto al comportamiento de los agentes tenemos la interacción de los investigadores con tomadores de decisión y otros sectores (salud, sector productivo, hacedores de políticas, ONG), la vinculación por esquema institucional (socios/interacción) y el networking con instituciones financiadoras.
- *Fase de aplicación de conocimiento:* Para esta etapa del proceso, se consideraron las actividades, funciones y participación de los investigadores presentadas en las Tablas 9 y 10. De manera que a continuación se presentan las relaciones consideradas para cada tipo de distancia en la aplicación del conocimiento:
 - *Distancia Geográfica:* En esta distancia encontramos que la ubicación de Instituciones, así como de otros sectores (salud, sector productivo, hacedores de políticas, ONG) y Entidades Financiadoras es indispensable para llevar a cabo la aplicación del conocimiento.
 - *Distancia Cognitiva:* En cuanto a la aplicación del conocimiento con respecto a la distancia cognitiva, cabe mencionar que el licenciamiento del conocimiento brinda las herramientas necesarias para aplicar el desarrollo e innovaciones logradas, complementándose con asesorías y consultorías entre agentes.
 - *Distancia Social:* Para esta distancia, las características de los grupos de usuarios representan una oportunidad en cuestión de aplicación de conocimiento, ya que la empatía entre estas permite una mayor afinidad entre investigadores al conectar rasgos de personalidad, cultura, etc. Además es indispensable considerar la afinidad entre grupos de investigadores y los usuarios del conocimiento.
 - *Distancia Organizacional:* La interacciones jerárquicas se llevan a cabo a través de la colaboración inter-institucional y la afinidad entre diferentes organizaciones (salud, sector productivo, hacedores de políticas, ONG).
 - *Distancia Institucional:* Para encontrar las normas que siguen los agentes al aplicar el conocimiento, es indispensable considerar la colaboración inter-institucional basada en las reglas y estructura de cada organización, así como

la consultoría y asesoría a otros sectores (salud, sector productivo, hacedores de políticas, ONG).

Cabe mencionar que las fuentes de información disponibles para el desarrollo de nuestro modelo no nos permitieron identificar las especificaciones de la distancia social y la distancia organizacional en el mismo nivel de detalle de las otras distancias, ya que la estructura y finalidad de las mismas no estaba encaminada hacia la integración de la perspectiva DARE. No obstante, de acuerdo a las definiciones revisadas en el marco analítico de este trabajo, encontramos algunas intersecciones con la información disponible. De manera que se integraron relaciones correspondientes a las características de los investigadores, el nivel de interacción, empatía y afinidad para la distancia social; así como las características, estructura y colaboraciones entre organizaciones para la distancia organizacional, consolidando con esto un análisis integral desde la perspectiva de los investigadores.

Dado que los lazos son considerados v.a., es indispensable mencionar que esta matriz nos muestra el análisis del comportamiento del problema de la movilización de conocimiento basado en investigación en el caso de la diabetes en México, no obstante, con las fuentes de información disponible no podemos afirmar que sabemos todo acerca de la formación de las relaciones entre los agentes del sistema, por esta razón dejamos espacio a ruidos estadísticos que no se podrán explicar en su totalidad.

Por último, cabe mencionar que para las otras distancias: geográfica, cognitiva e institucional la relación se observó de manera más directa y clara, dado que la información disponible nos brindaba información específica sobre los temas a desarrollar, subtemas, objetivos, alcance, ubicación, institución, nacionalidad, entre otros que permitieron la identificación de las relaciones, así como su integración hacia la perspectiva DARE.

Tabla 11 Matriz de relaciones con respecto a la perspectiva DARE

Movilización del Conocimiento Basado en la Investigación					
Fase del proceso	Distancia Geografica	Distancia Cognitiva	Distancia Social	Distancia Organizacional	Distancia Institucional
Producción de conocimiento	<p>Directo: Contexto nacional/ regional Nivel de dispersión del grupo de investigación</p> <p>Flexible: Producción por regiones, localidad, estado Residencia de los autores</p>	<p>Directo: Objetivos (Estudio, Alimento, Dispositivo médico, Evaluación Fitofármaco, Intervención Técnica) Lenguaje, Tema desarrollo, Subtema, Título (palabras clave) Línea de investigación</p> <p>Flexible:</p>	<p>Directo: Características de los investigadores del grupo (experiencia, edad, género, etc) Relación y nivel de interacción entre investigadores</p> <p>Flexible: Grupo de investigación Conocidos por experiencia Relaciones personales</p>	<p>Directo: Características de la institución y lugar de adscripción Organización del grupo de investigación</p> <p>Flexible: Mismo centro de investigación, departamento, instituto, laboratorio, hospital, IES</p>	<p>Directo: Tipo de institución y grupos de adscripción Estructura y funcionamiento de las colaboraciones Alineación del objetivo con características institucionales</p> <p>Flexible:</p>
Movilización de conocimiento	<p>Directo: Vinculaciones y alcance de los medios de difusión de acuerdo al contexto Dispersión geográfica entre grupos de investigación vinculados Ubicación de las entidades con las que se realiza vinculación</p> <p>Flexible: Alcance del proyecto</p>	<p>Directo: Búsqueda de validación entre pares (reconocimiento y clasificación del tema) Cursos y actividades de difusión de resultados (publicaciones, cursos, congresos, etc)</p> <p>Flexible:</p>	<p>Directo: Relación e interacción directas entre involucrados (investigadores y otros sectores) Empatía entre las características de los investigadores del grupo Relaciones entre investigadores por cultura y país de desarrollo</p> <p>Flexible: Relación entre líder, participantes y otros investigadores Relación con investigadores de instituciones distintas vinculadas Relaciones por cultura y país de desarrollo</p>	<p>Directo: Características de las organizaciones a través de las cuales se hace la difusión Vinculación con otros grupos de institución Características de organización inter-institucional (grupos, investigadores, instituciones)</p> <p>Flexible: Movilización entre IES vinculados</p>	<p>Directo: Interacción con tomadores de decisión y otros sectores (salud, sector productivo, hacedores de políticas, ONG) Vinculación por esquema institucional (socios/interacción) Networking con instituciones financiadoras</p> <p>Flexible: Reglas de transferencia de las IES de desarrollo/grupos de adscripción</p>
Aplicación de conocimiento	<p>Directo: Ubicación de Instituciones Ubicación de otros sectores (salud, sector productivo, hacedores de políticas, ONG) Ubicación de Entidad Financiadora</p> <p>Flexible:</p>	<p>Directo: Licenciamiento del conocimiento Asesorías / Consultorías en temas desarrollados Desarrollo e innovaciones logradas</p> <p>Flexible:</p>	<p>Directo: Características de los grupos de usuarios (Edades para investigación, género, valores, grupos por intereses en común, de instituciones de salud) Afinidad entre personas de diferentes instituciones (salud, sector productivo, hacedores de políticas, ONG) Afinidad por rasgos de personalidad, cultura, nacionalidad, etc. entre investigadores Afinidad con grupos de investigadores más conectados a usuarios</p> <p>Flexible:</p>	<p>Directo: Colaboración inter-institucional basada en reglas y estructura Afinidad entre diferentes organizaciones (salud, sector productivo, hacedores de políticas, ONG) Aplicación y generación de nuevos proyectos</p> <p>Flexible:</p>	<p>Directo: Colaboración inter-institucional basada en reglas y estructura Consultoría y asesoría a otros sectores (salud, sector productivo, hacedores de políticas, ONG)</p> <p>Flexible: PI con CONACYT Base para futuras investigaciones</p>

Fuente: Elaboración propia

6.4.3 Flujos del proceso MoCBI con respecto a las distancias

Una vez identificadas las relaciones entre los agentes de la red para cada fase del proceso MoCBI y con respecto a la perspectiva DARE, se realizaron los flujogramas correspondientes a cada fase del proceso, de manera que se logró la identificación por niveles del problema a representar. Sin embargo, dada la cantidad de información y la complejidad del problema, se llevó a cabo una nueva jerarquización con respecto a la importancia de las covariables diádicas, de manera que se consideraron *relaciones principales* a las establecidas como necesarias y suficientes para que ocurriera la interacción entre cualesquiera dos agentes; mientras que las *relaciones secundarias* se definieron como complementarias dentro de la interacción identificada.

Los pasos que se siguieron para evolucionar de la matriz de cruce entre la perspectiva de distancias y las fases del proceso MoCBI hacia la estructura de la red que defina nuestro modelo conceptual fueron los siguientes:

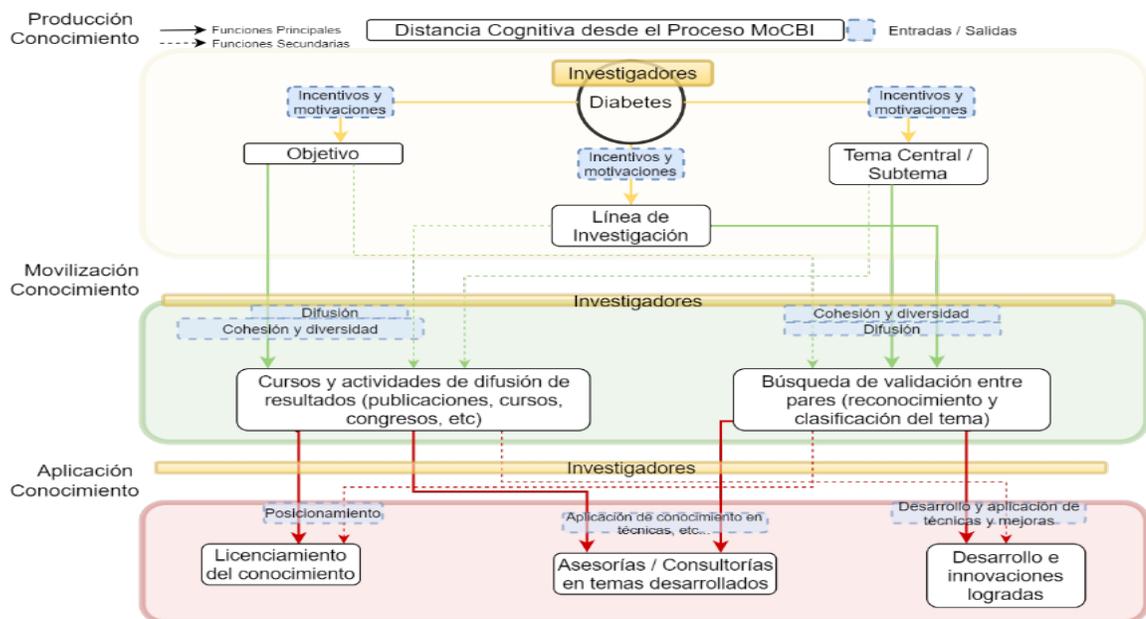
- i. A partir de la matriz presentada en la Tabla 11 se determinaron en primera instancia las etapas del proceso MoCBI, de manera que se pudiera ver la evolución entre cada una a través de un flujo vertical;
- ii. Una vez representadas las etapas del proceso MoCBI, se continuo con la especificación de los investigadores dentro de cada una (recordando que el enfoque de nuestro modelo conceptual está puesto sobre un único agente);
- iii. Se representaron las distancias de la Tabla 11 en cada etapa del proceso;
- iv. Una vez identificadas las distancias, se buscó la correlación entre las funciones y actividades desarrolladas por los investigadores para cada relación (representadas en las Tablas 9 y 10);
- v. Se clasificaron las relaciones de acuerdo a la importancia de las covariables diádicas, teniendo las relaciones principales con líneas rellenas y las relaciones secundarias con líneas punteadas.

El desarrollo de cada flujograma se explica con más detalle a continuación:

De acuerdo con la definición de Boschma (2005), recordamos que la distancia cognitiva es vista como la medida en que los agentes comparten una base de conocimientos similar. Por esta razón y analizando las fuentes de información utilizadas para nuestro modelo,

encontramos que en la *etapa de producción de conocimiento* las interacciones más representativas son: objetivo, línea de investigación y tema central/subtema, los cuales están ligados directamente hacia el campo de conocimiento, experiencias y temas de desarrollo. Además de tener fuertes incentivos y motivaciones que permitan su cumplimiento y vinculación hacia la *etapa de movilización* con: desarrollo de cursos y actividades de difusión de resultados y búsqueda de validación entre pares respectivamente los cuales llevan a cabo la cohesión, diversidad y difusión. Culminando con el licenciamiento del conocimiento, asesorías/ consultorías en temas desarrollados y desarrollo e innovaciones logradas que permiten el posicionamiento, la *aplicación de conocimiento* y el desarrollo y aplicación de técnicas y mejoras (Véase Figura 4).

Figura 4 Flujoograma del proceso MoCBI- Distancia Cognitiva- Funciones de los agentes

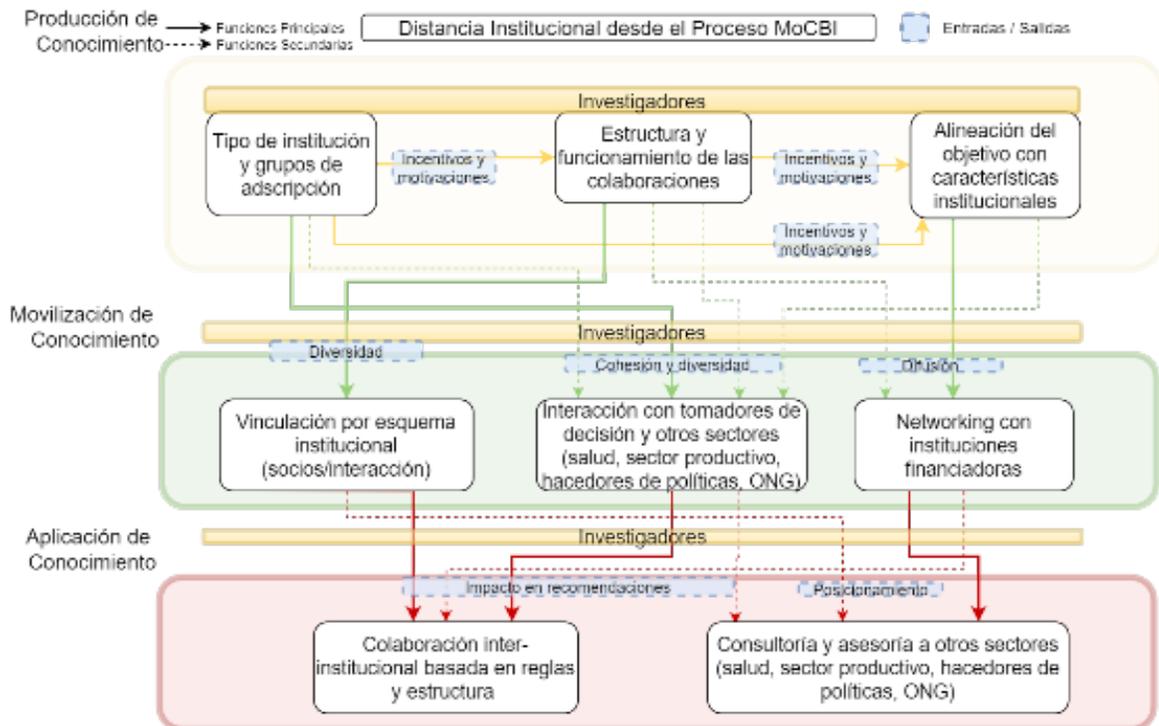


Fuente: Elaboración propia

Nuevamente desde la perspectiva de Boschma (2005) la distancia institucional se refiere a las normas, reglas y valores que determinan cómo se comportan los agentes; de esta forma al hacer el análisis de los datos, encontramos como principales distancias en la *fase de producción del conocimiento* las siguientes: tipo de institución y grupos de adscripción, estructura y funcionamiento de las colaboraciones y alineación del objetivo con características institucionales. Las cuales en conjunto con los incentivos y motivaciones nos

permiten un mejor entendimiento sobre los tipos de instituciones presentes en el sistema y cómo su estructura tanto en reglas como valores determina la forma en la que se lleva a cabo la cohesión, diversidad y difusión dentro de las vinculaciones, interacción y networking para la *movilización del conocimiento*. Logrando el impacto en las recomendaciones y el posicionamiento en la *fase de aplicación de conocimiento* a partir de las colaboraciones inter-institucionales y las consultorías y asesorías a otros sectores (Véase Figura 5).

Figura 5 Flujograma del proceso MoCBI- Distancia Institucional- Funciones de los agentes

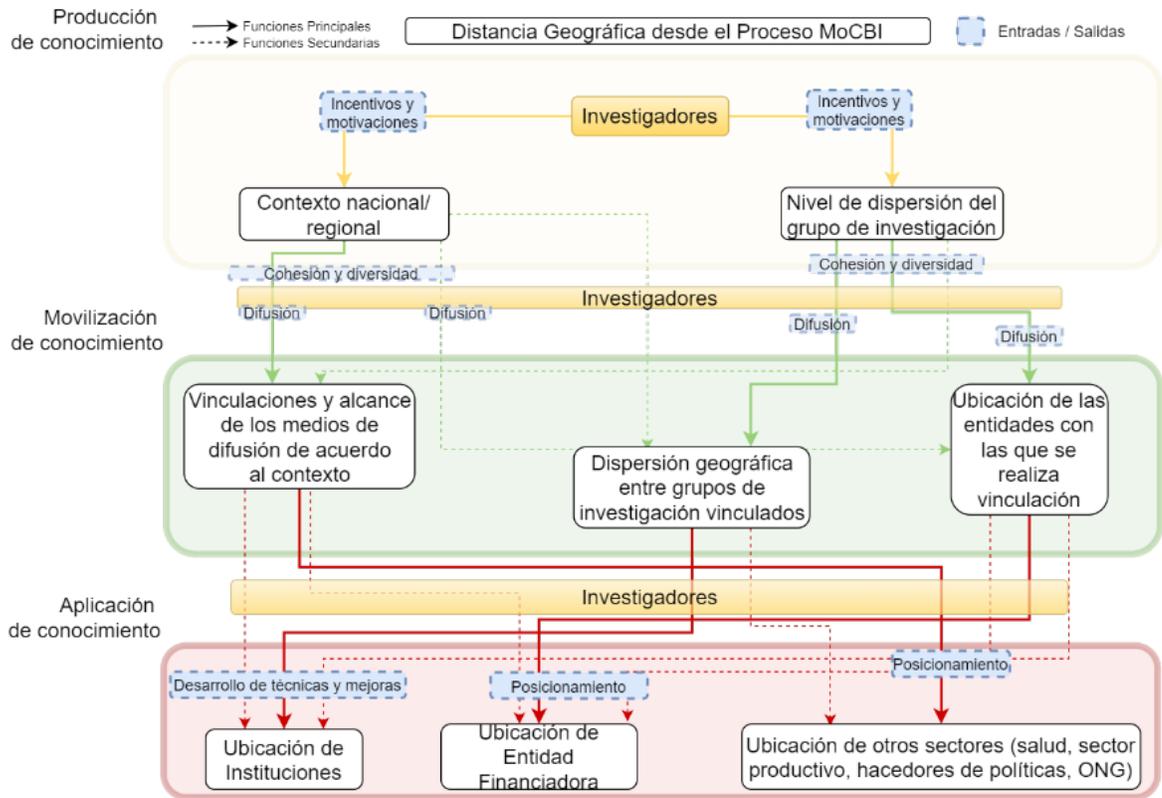


Fuente: Elaboración propia

La distancia geográfica para Boschma (2005), es vista como la distancia física entre los agentes, por esta razón en el análisis de los datos la identificamos como: contexto nacional/regional y el nivel de dispersión entre el grupo de investigación, ya que las mismas en conjunto con los incentivos y motivaciones tienen impactos en la forma en la que se llevan a cabo las actividades de *producción de conocimiento* al acercar a los investigadores y permitir que las relaciones sean más próximas o dificultando el desarrollo en grupos dadas las distancias. Además para la *movilización del conocimiento* se encuentran las vinculaciones, alcance, dispersión geográfica y la ubicación de las entidades, mismas que

con cohesión, diversidad y difusión permitirán a partir del posicionamiento y el desarrollo de técnicas aplicadas en las distintas de instituciones, entidades financiadores y los otros sectores del sistema la *aplicación* en los diversos sectores (Véase Figura 6).

Figura 6 Flujoograma del proceso MoCBI- Distancia geográfica- Funciones de los agentes

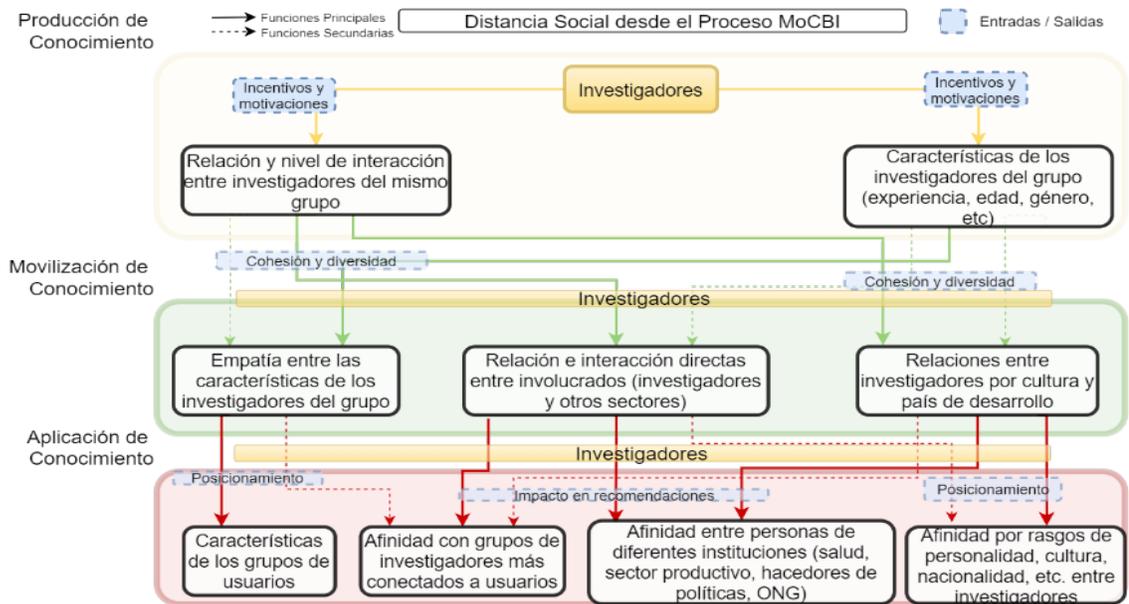


Fuente: Elaboración propia

La distancia social como se mencionó anteriormente fue una de las que presentaron mayores complicaciones para su identificación, primero porque los datos disponibles no tenían como finalidad representar estas relaciones y segundo porque al referirse a las interacciones entre agentes (amistad, experiencia, etc.) requerían de un nivel mayor de análisis social. No obstante de acuerdo a la experiencia en el proyecto y algunos datos que indirectamente permitían el entendimiento de las mismas, logramos identificar algunas distancias representativas para cada fase del proceso, de manera que para la *producción del conocimiento* tenemos las siguientes: relación y nivel de interacción entre investigadores del mismo grupo, características de los investigadores del grupo. Estas distancias en conjunto

con las funciones de incentivos y motivaciones logran la *movilización* a partir de la cohesión y diversidad enlazada con: las características del grupo, relación e interacción directa entre involucrados y relaciones entre investigadores por cultura y país de desarrollo. Finalizando para la *fase de aplicación del conocimiento* a partir de las características de los grupos de usuarios, afinidad con grupos de investigadores más conectados a usuarios, afinidad entre personas de diferentes instituciones y la afinidad por rasgos de personalidad, cultura, etc., mismas que permiten el posicionamiento e impacto en las recomendaciones (Véase Figura 7).

Figura 7 Flujoograma del proceso MoCBI- Distancia Social- Funciones de los agentes

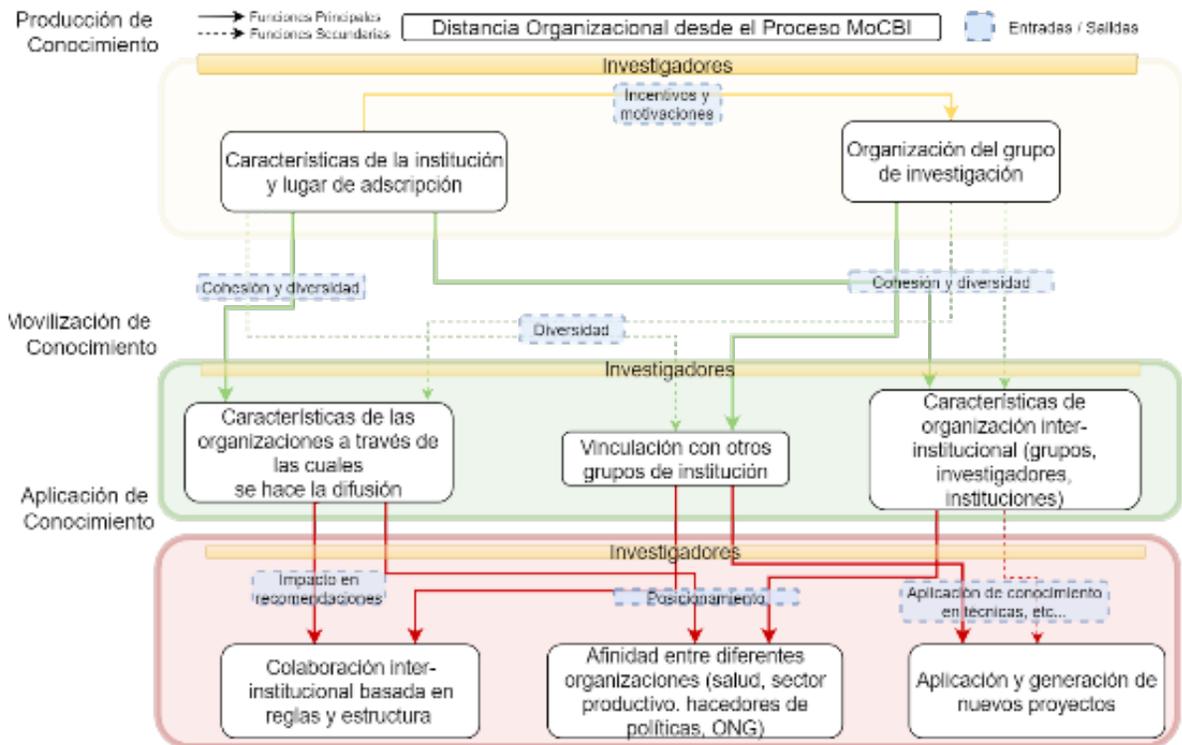


Fuente: Elaboración propia

Por último encontramos la distancia organizacional, la cual requiere del entendimiento de la estructura entre los agentes, además de las jerarquías consideradas en las organizaciones. De esta forma encontramos las características de la institución y lugar de adscripción y la organización del grupo de organización en la *fase de producción del conocimiento*, las cuales a través de los incentivos y motivaciones propiciarán una efectiva vinculación entre los investigadores para la producción; relacionadas con las características de las organizaciones a través de las cuales se hace la difusión, vinculación con otros grupos de institución y las características de organizaciones inter-institucionales, que a través de la cohesión y

diversidad permiten la *movilización del conocimiento*. Culminando con la colaboración inter-institucional, afinidad entre diferentes organizaciones y la aplicación y generación de nuevos proyectos para lograr el impacto en recomendaciones, posicionamiento y por ende la *aplicación del conocimiento* (Véase Figura 8).

Figura 8 Flujograma del proceso MoCBI- Distancia Organizacional- Funciones de los agentes



Fuente: Elaboración propia

6.5 Modelo conceptual multinivel

Una vez culminada la caracterización, identificación, definición y análisis de las relaciones entre agentes, así como su intersección con la perspectiva de distancias, se realizó la integración de cada nivel de análisis para lograr el desarrollo del modelo conceptual planteado desde el objetivo del presente trabajo. Cabe resaltar que desde la sección 2.4.2 se desarrolló una base teórica del modelo a desarrollar, la cual incorpora las dimensiones analíticas propuestas por Natera *et al.*, (2020) con respecto a las distancias propuestas por Boschma (2005), presentando una propuesta base a partir de los análisis realizados

anteriormente por otros autores. De esta forma y a partir del desarrollo de nuestro modelo conceptual multinivel encontramos algunas similitudes con respecto a la primera propuesta, de las cuales consideramos los siguientes como complementarios en nuestro modelo:

- i. El análisis correspondiente a las dimensiones analíticas con respecto a la DG, presenta la convergencia de México como región de estudio y otras Naciones que desarrollan investigación en el tema de diabetes (derivado de la proximidad con la frontera del conocimiento en diabetes), encontrando la movilidad en las interacciones. En la dimensión del proceso de aprendizaje desde la DG, se presenta la relación entre estos procesos con respecto a la frontera del conocimiento y los procesos de coevolución desarrollados entre el conocimiento y las trayectorias tecnológicas. Finalizando con el marco institucional, donde encontramos los mecanismos que permiten la movilización entre agentes, los canales de vinculación y los medios para lograr la transmisión del conocimiento.
- ii. El análisis de las dimensiones analíticas con respecto a la DC, muestra a los principales generadores de conocimiento: comunidad científica y academia; al sector productivo como encargado de llevar este conocimiento al mercado y usuarios y beneficiarios del mismo. Siguiendo con la dimensión de las interacciones con respecto a la DC, donde encontramos como primer cruce las generadas por la necesidad de solución a problemas de salud, por las demandas del mercado y partir de la experiencia y prueba de productos y servicios.
- iii. En el análisis correspondiente a las dimensiones analíticas con respecto a la DS, se representan en las relaciones a partir de confianza, experiencia o amistad, además de las generadas por preferencias, motivaciones y competencias, todas estas relacionadas con la investigación y las tendencias políticas.
- iv. En el análisis correspondiente a las dimensiones analíticas con respecto a la DO, se identifican a los institutos de salud y de investigación, los centros de investigación de hospitales, el sector productivo y la comunidad científica, como los agentes que permiten el uso y aplicación del conocimiento. Además, en la dimensión del proceso de aprendizaje, identificamos la movilización del conocimiento entre agentes y las vinculaciones con interacción bidireccional que permitan retroalimentación.

Finalizando con la incidencia del mercado y la regulación que permiten la validación e introducción del conocimiento en la práctica.

- v. En el análisis correspondiente a las dimensiones analíticas con respecto a la DI, encontramos las interacciones entre la comunidad científica, los institutos responsables de la investigación, hospitales, sector productivo y el sector público, donde: la experiencia, los sectores prioritarios, la necesidad y los problemas de salud, permitirán la producción y movilización del conocimiento. Aportando a la formulación de políticas de CTI en salud que permitan la regulación y motivación de la investigación hacia resultados aplicados al mercado.

Teniendo como base teórica la propuesta presentada en la sección 2.4.2, se comenzó la caracterización y desarrollo del modelo que permita entender las relaciones de la MoCBI para el caso de la diabetes en México a partir del uso y análisis de las fuentes de información disponibles. De esta forma una vez realizado el análisis e identificación de los agentes, reglas de comportamiento y la forma en la cual se relacionan entre sí dentro del sistema y por ende en el proceso MoCBI y dado que el problema que se analiza tiene un alto grado de complejidad, fue necesario desarrollar la especificación del modelo por etapas, de manera que en la primera etapa (la desarrollada en este trabajo) se considerará la generación de la red que integre las relaciones a partir de un enfoque en un solo nodo (los investigadores), derivado de la importancia y representatividad que tienen los mismos para el proceso MoCBI. Cabe resaltar que en nuestro modelo se incluyó también la perspectiva de distancias utilizada en DARE (2020), realizando la intersección entre la metodología basada en agentes con estructura SIENA y específicamente del modelo de gráficos aleatorios exponenciales (ABM-SIENA-ERGM) con cada una de las distancias propuestas por Boschma (2005).

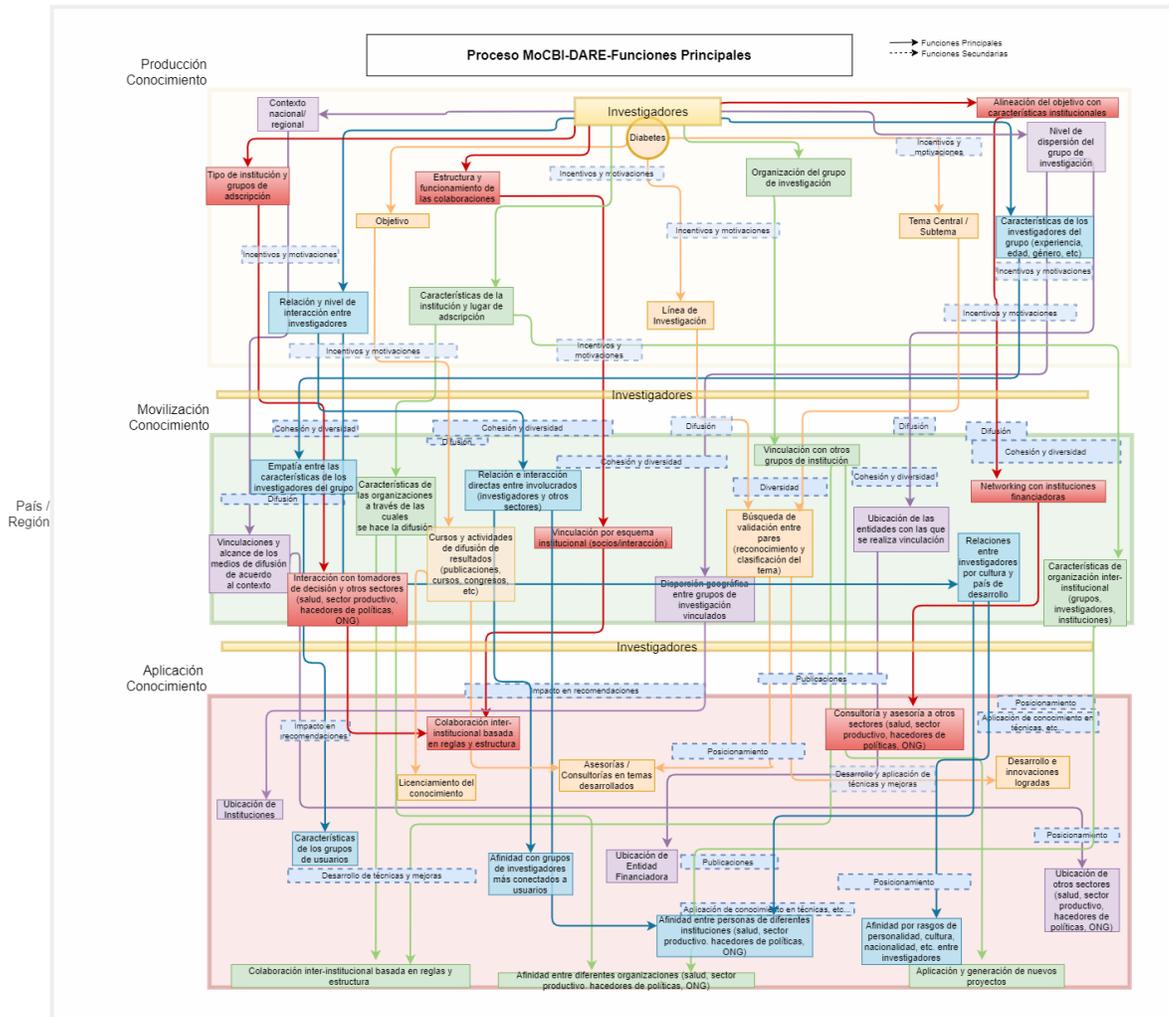
De esta forma, se logra la integración de cada modelo de distancia (realizado para la identificación de las relaciones entre agentes en cada fase del proceso MoCBI) en un solo modelo multinivel. Esta nueva red, permite la apreciación de las distancias interconectadas por las relaciones y las funciones llevadas a cabo entre agentes para cada etapa del proceso MoCBI. De manera que se puedan identificar de forma conjunta y en un solo diagrama cada acción y comportamiento realizado por los investigadores, así como sus enlaces e interacciones dentro del proceso y las diversas distancias, logrando la interpretación gráfica de la complejidad del modelo y las relaciones estructurales que siguen los agentes en los

diversos niveles a evaluar en nuestro problema. La Figura 9 representa este primer acercamiento considerando únicamente las relaciones principales, es decir, las que son indispensables entre cada tipo de distancia.

Cabe mencionar que el modelo multinivel desarrollado presenta únicamente el entendimiento desde la perspectiva de los agentes, es decir, cada distancia, relación y función representada gráficamente nos muestra las acciones, objetivos y funciones de los investigadores dentro del sistema y por tanto dentro del problema de las relaciones de la MoCBI en el caso de la diabetes en México. No obstante, nuestro problema a modelar tiene la necesidad de realizar un modelo multinivel para cada agente del sistema, presentando así características de un Modelo de Gráficos Aleatorios Exponenciales (ERGM), en el cual la integración de los efectos externos, las características de dependencia, las relaciones y los agentes permitirán su modelado.

Por último, es necesario entender que el modelo que se busca desarrollar representa un problema social complejo, de manera que la evaluación y simulación del mismo no se logra en su totalidad, dando lugar a riesgos estadísticos que simbolicen las fallas del modelo. Sin embargo, el avance logrado hasta el momento sienta la base conceptual y metodológica, representando un ejemplo de abordaje conceptual que permite la generación de matrices de adyacencia y gráficos que encaminarán la operacionalización en un proyecto futuro.

Figura 9 Flujoograma proceso MoCBI-Perspectiva DARE-Entradas y Salidas Principales



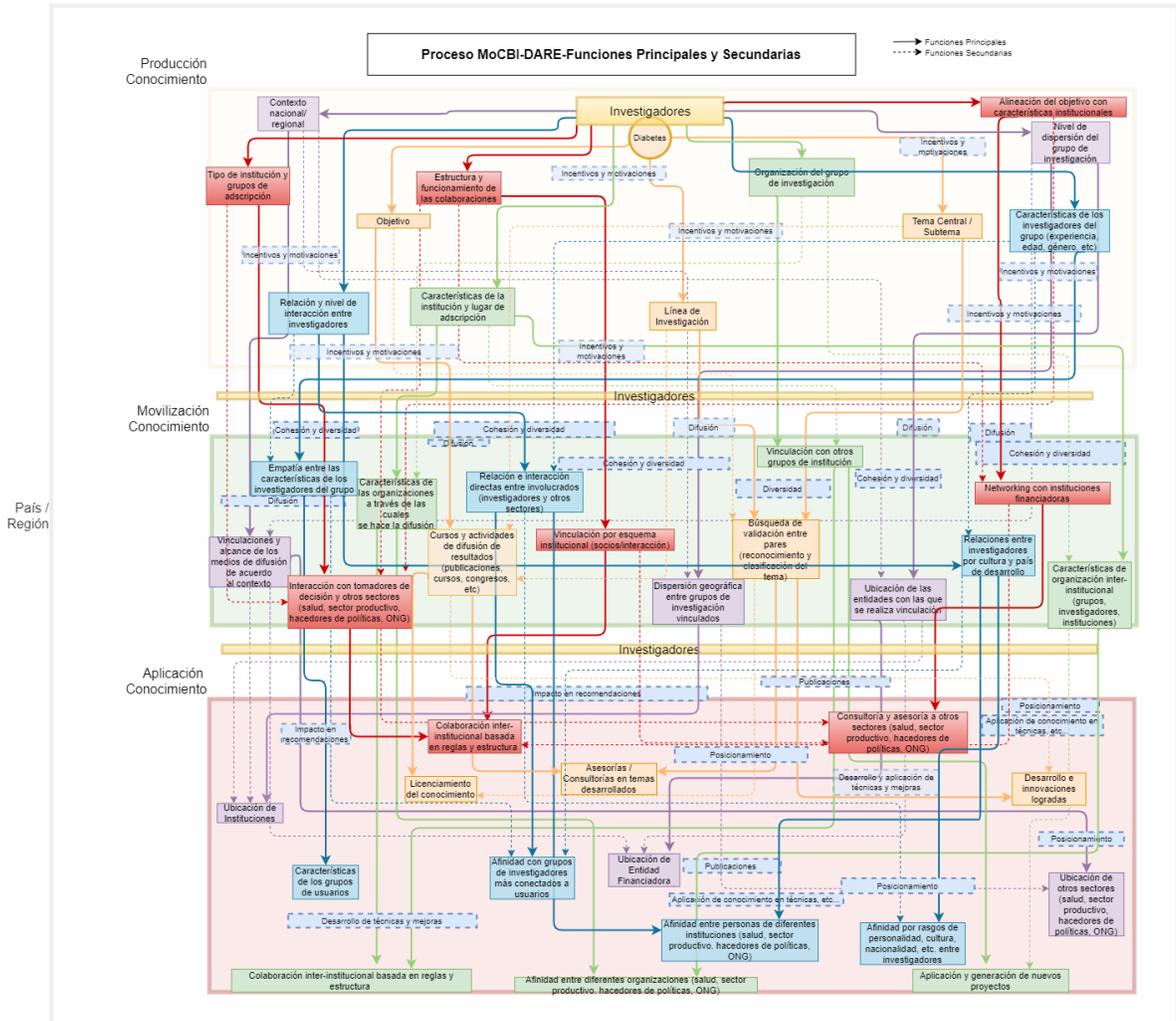
Fuente: Elaboración propia

De manera complementaria, en la Figura 10 se presenta el modelo multinivel que integra todas las funciones de los investigadores, así como las relaciones consideradas principales y secundarias para cada fase del proceso MoCBI, cabe resaltar que en el mismo no se distingue una jerarquía clara entre las funciones de los investigadores y las relaciones, por esta razón se considera como una primera aproximación a lo que se pretende lograr en un proyecto futuro.

Cabe resaltar que la integración de todas las relaciones estructurales entre agentes, con las funciones y características del proceso, muestra una aproximación encaminada a lograr un análisis integral de un problema social de gran complejidad como lo es el caso de la diabetes

en México. Sin embargo, esto sólo representa una propuesta metodológica realizada a partir de las fuentes de información disponibles y la incorporación de modelos de simulación con análisis de redes sociales.

Figura 10 Flujoograma proceso MoCBI-Perspectiva DARE-Entradas y Salidas Completo



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 11, se muestran las características y simbología para lograr la identificación y entendimiento de los modelos multinivel desarrollados en este proceso.

Figura 11 Identificación del flujograma "Proceso MoCBI-perspectiva DARE-Entradas y salidas-Principales-Completo"



Fuente: Elaboración propia

La hipótesis de dependencia implica una forma particular del modelo. Para identificar una forma particular para el modelo, es indispensable lograr el desarrollo desde la perspectiva de cada agente, de manera que se pueda integrar un modelo multinivel, con los agentes, relaciones, funciones desde la perspectiva de distancias. Este paso para la especificación del modelo se dejará para una etapa posterior

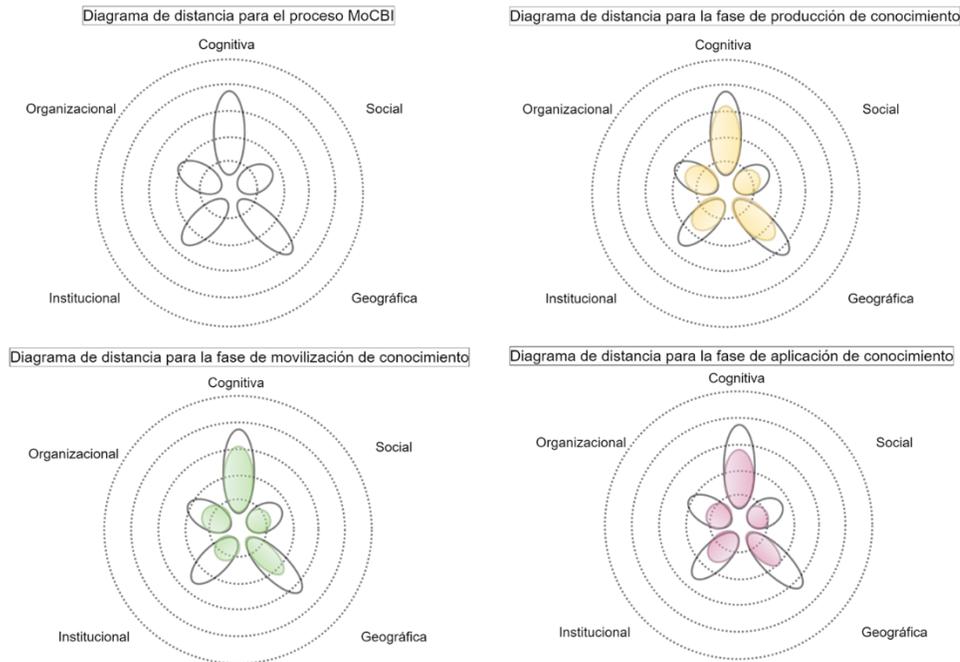
6.6 Propuesta perspectiva DARE

Una vez culminada la fase de desarrollo del modelo conceptual de acuerdo a las características, especificaciones e identificación visual de los agentes desde la perspectiva de distancias, se consideró plantear una ejemplificación de lo que se espera desarrollar al final de este proceso con respecto a DARE. De esta forma en la Figura 12 se presenta la identificación de cada distancia considerada en el desarrollo del modelo, así como una primera propuesta de acuerdo al análisis de los datos de lo logrado en cuestión de información con respecto al modelo ideal. En la Figura se muestra el diagrama de DARE con respecto a cada fase del proceso MoCBI, resaltando que para la fase de producción de conocimiento se encontró información representativa con respecto a la primera etapa de desarrollo y desde un enfoque en los investigadores (siendo los principales generadores de conocimiento). Por otra parte, para la fase de movilización de conocimiento se encontró información suficiente pero no toda la necesaria para lograr la correcta identificación de cada distancia, de igual forma que para la fase de aplicación de conocimiento; en las cuales resalta la baja participación e información disponible para lograr la correcta identificación de la distancia social y organizacional.

No obstante, cabe resaltar que este es un ejemplo únicamente representativo de lo que se busca obtener con respecto a la integración de la perspectiva DARE en nuestro análisis,

además de resaltar que la oportunidad de integrar más fuentes de información sería algo ideal para poder ver la evolución de la red a través del tiempo, logrando así un nivel mayor de análisis y una mejor interpretación del problema.

Figura 12 Diagramas de fases del proceso MoCBI con respecto a perspectiva de distancias

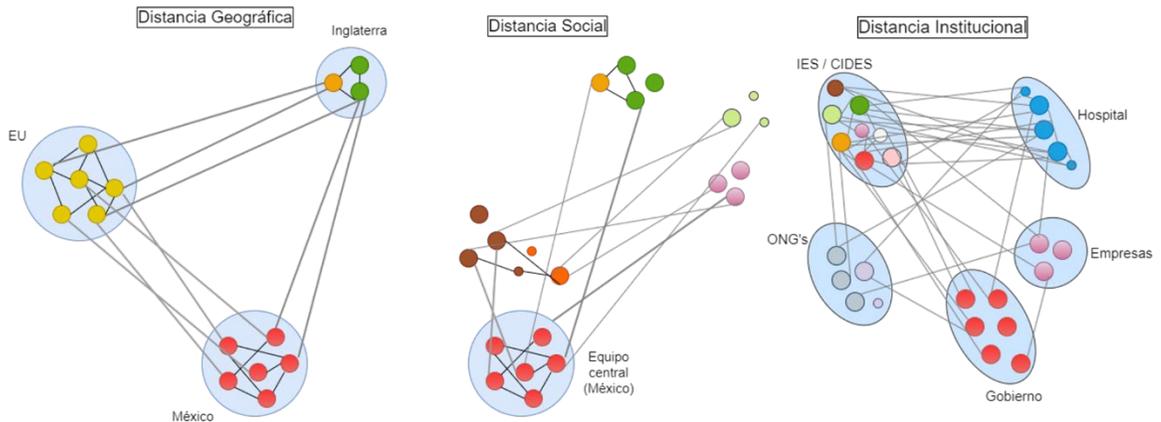


Fuente: Elaboración propia con base en (Bone et al., 2017; Hopkins, 2019)

Por último, se presenta en las Figuras 13 y 14 un ejemplo de la representación gráfica propuesta por Bone *et al.*, (2017) en la guía de uso DARE, la cual nos indica cómo se comportan las distancias utilizadas en nuestro análisis y sirve como herramienta complementaria para la identificación, caracterización y clasificación de nuestros datos, además podemos observar de forma más clara la caracterización con respecto a la definición de distancias propuesta por Boschma (2005). La representación de las distancias en forma de conjuntos asemeja la propuesta realizada en la sección 2.4.2 donde a partir de las dimensiones analíticas se realiza la correspondencia con las distancias, complementándose con el análisis de las fuentes de información y logrando así la creación de cada distancia desde la teoría de conjuntos.

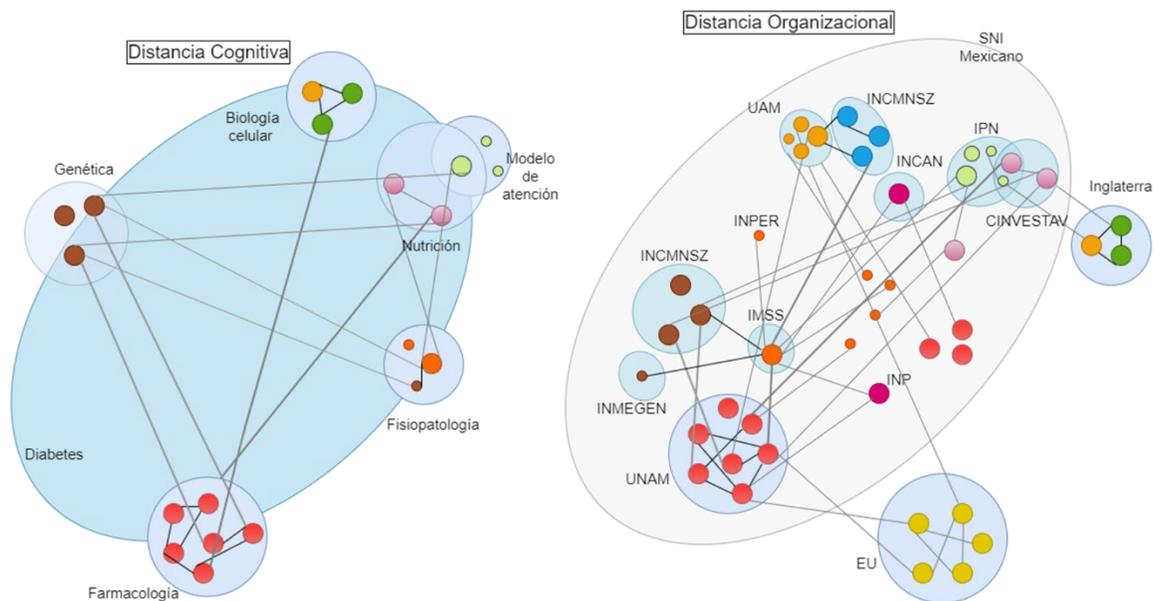
Es importante resaltar que es una ejemplificación de la metodología utilizada en DARE; sin embargo, para ser una fuente de análisis confiable es indispensable lograr su validación tanto con los creadores de la propuesta como con los datos utilizados.

Figura 13 Ejemplos de Diagramas de Venn sobre distancias



Fuente: Elaboración propia con base en (Bone et al., 2017; Hopkins, 2019)

Figura 14 Diagramas de Venn sobre distancias



Fuente: Elaboración propia con base en (Bone et al., 2017; Hopkins, 2019)

7 Conclusiones

Desde el inicio de nuestra investigación, se persiguió el objetivo de diseñar conceptualmente un modelo que permitiera entender y analizar las relaciones que constituyen la MoCBI para el caso de diabetes en México, desde la perspectiva de simulación basada en agentes. Sin embargo, al ir desarrollando el análisis e identificación tanto de los datos como de la metodología a utilizar, se fueron integrando nuevas perspectivas que complementaron nuestro desarrollo.

El objetivo general de la investigación se cumplió, ya que se logró el desarrollo de un modelo conceptual multinivel desde metodología ABM (específicamente SIENA-ERGM), que permite el entendimiento, análisis y visualización de las relaciones (tanto principales como secundarias) que constituyen el proceso MoCBI para el caso de la diabetes en México. Se consideró un único nodo en la red y por ende en el modelo, a partir del cual se podría pasar a los siguientes pasos considerando que las interacciones tanto en relación como en actividades de los otros agentes están modeladas en el investigador para cada fase del proceso MoCBI.

Se complementó nuestro desarrollo con el análisis de los fundamentos teóricos que nos permitieron entender las covariables diádicas vistas como las relaciones entre agentes para el proceso MoCBI, además de lograr la identificación de los elementos claves que determinan las mismas y culminando con el desarrollo de la definición, análisis y caracterización las relaciones de la MoCBI como base para la elaboración conceptual del modelo ABM.

Antes de desarrollar nuestro modelo, fue necesario considerar las clasificaciones de SIENA de acuerdo a los datos disponibles, de manera que para nuestro caso la posibilidad de probar un modelo longitudinal era irreal, concluyendo con el desarrollo de un modelo de red transversal de primer enfoque en un solo actor. Siendo una delimitación para la evaluación y análisis de la evolución del proceso MoCBI en el tiempo, pero abriendo una oportunidad a futuras investigaciones.

Una vez desarrollado el modelo conceptual multinivel para el análisis de las relaciones que integran el proceso MoCBI en un problema de salud específico en México desde la perspectiva de los investigadores (es decir considerando un solo actor-nodo principal), sería ideal en un trabajo futuro lograr la integración de los demás modelos con respecto a los

agentes restantes del sistema, de manera que se desarrolló un modelo con un grado mayor de complejidad al tener un enfoque multiactor y que permita representar el fenómeno que se vive en el proceso MoCBI, además de aportar variables iniciales para futuras investigaciones sobre enfermedades crónico-degenerativas que se encuentren en México y posibles simulaciones del comportamiento de las mismas.

Para lograr el desarrollo del modelo anteriormente descrito, fue indispensable considerar la evaluación de diversos pasos propuestos por un lado por Snijders *et al.*, (2007) y por otro por Robins *et al.*, (2007), los cuales nos permitieron construir desde la identificación de los agentes involucrados y las variables ligadas a los mismos tanto en el sistema como en el problema a desarrollar, así como sus comportamientos, características, funciones e interacciones entre ellos. Entendiendo de esta forma el funcionamiento general del problema y las necesidades tanto de información como de tiempo para su desarrollo.

El desarrollo de modelos de simulación multinivel aplicados a problemas sociales específicos amplía las posibilidades de su uso como base para recomendaciones en programas y políticas públicas enfocados en la solución de los mismos; además de ser herramientas prometedoras para el diseño organizacional y el desarrollo de recomendaciones multinivel.

Cabe resaltar la necesidad latente en países pertenecientes a América Latina con respecto a las fuentes de información disponibles para realizar estudios estructurales que permitan ver la evolución de problemas complejos en el tiempo, impulsando así nuevos desarrollos y uso de metodologías que estén encaminados en efectuar propuestas para minimizar el impacto de estos problemas.

7.1 Retos encontrados en el desarrollo de la investigación

En la actualidad en México existen diversos problemas considerados multidimensionales que representan un reto para la CTI en cuestión de desarrollo de propuestas que aproximen soluciones a los mismos. No obstante, dada la complejidad que los caracteriza, lograr el desarrollo de modelos de simulación que asemejen su comportamiento y nos permitan el entendimiento de su existencia requiere del conocimiento de diversas herramientas y de fuentes de información disponibles. Representando así un reto para el desarrollo de nuestra investigación, ya que a nivel nacional no se cuenta en la actualidad con fuentes de

información disponibles acerca de las enfermedades crónico-degenerativas y su relación con los procesos de MoCBI. Empero, existen fuentes de información disponibles para los administradores de CONACYT que servirían para lograr un mejor modelo, ya que permitirían integrar un análisis directo sobre la generación de conocimiento y su movilización para el caso de la diabetes en México, no obstante esta información es considerada confidencial por diversos procesos de protección intelectual y por lo tanto limita el alcance de las propuestas externas a esta institución.

Otros problemas a los que nos enfrentamos en el desarrollo de esta investigación estuvieron principalmente en el análisis de datos y la falta de información con enfoque en relaciones, ya que al comenzar la limpieza, clasificación y análisis de las fuentes de información disponibles, se llegó a la conclusión de que no se contaba con datos suficientes y que en muchos casos el enfoque de los mismos no permitía desarrollar el modelo desde el planteamiento de todos los agentes, además de no tener el encauzamiento adecuado para incluir íntegramente la propuesta de distancias del proyecto DARE.

7.2 Alcances y limitaciones de la investigación

Por un lado, consideramos los siguientes alcances de la investigación:

- Se propone la integración de metodologías mixtas como lo son los modelos de simulación para la representación y análisis de redes sociales para problemas complejos, de manera que se genere un interés por parte de la comunidad científica por integrar estas metodologías en sus proyectos.
- Es indispensable considerar el uso de diversas herramientas para el análisis de un problema tan complejo como lo es el caso de la diabetes en México y otros de esta índole, de esta forma, la presente investigación sienta una base para el desarrollo de futuros proyectos encaminados al desarrollo de modelos de simulación que permitan el entendimiento de problemas que aquejan actualmente al país.
- La integración de la perspectiva de distancias propuesta en el proyecto DARE, permite un acercamiento más estructurado con respecto a las características del proceso MoCBI y el análisis de redes sociales.

Por otro lado, se encuentran las siguientes limitaciones en la investigación

- De acuerdo con la revisión de la metodología ABM, existen en la actualidad pocos ejemplos desarrollados para el sector salud con uso de redes transversales. No obstante, se encuentra muy encaminado el modelo de ERGM para el análisis de redes que cuenten con características similares.
- Una de las limitaciones más representativas y realistas del uso de modelos de simulación, en este caso específico de ERGM está vinculada con los riesgos estadísticos, mismos que representan no sólo la complejidad de los problemas, sino en muchos casos la falta de información disponible para lograr su minimización a partir de mejores desarrollos.
- Otra limitante del uso de modelos de simulación está relacionada con la extrapolación de los mismos hacia otros problemas sociales, ya que dadas sus características, requieren de un desarrollo exhaustivo y específico sobre las cualidades que representan cada problema.
- Por un lado, la aplicación de los modelos SIENA-ERGM se hace buscando describir la estructura de la red que representa nuestro problema; sin embargo, sería ideal ver el cambio en el tiempo pero de momento y con la información disponible nos limitamos a describir la estructura de la red y como se genera.
- Por otro lado, no se alcanza la definición de las reglas de decisión y la jerarquización de los agentes; no obstante, estas no son consideradas indispensables en esta etapa para la generación de las bases del modelo conceptual y en el caso particular de nuestra investigación se desarrollan las funciones, actividades y participación de los agentes considerados principales (investigadores). Considerando de esta forma una ventana de oportunidad para futuras investigaciones.
- Por último, una de las limitantes consideradas en nuestra investigación, responde a la falta de análisis sobre la evolución de la red para un proceso con la naturaleza de la MoCBI; de manera que al tratarse de movilización de conocimiento, resultaría esperable el desarrollo de un análisis que permita la identificación y análisis de la evolución de este proceso en el tiempo, así como de las implicaciones e impactos que tendría en el problema a analizar. Sin embargo, en nuestra investigación al tratarse de una red transversal no se logrará el análisis de la evolución de nuestro modelo en el tiempo.

7.3 Reflexión final y posible agenda futura

Esta investigación ha permitido el entendimiento sobre las relaciones que integran el proceso MoCBI para el caso de la diabetes en México. No obstante la adición de la perspectiva DARE ha dado un empuje al uso metodológico desarrollado, ya que no sólo se están considerando los agentes y su forma de relacionarse, sino que se está clasificando el estudio desde un enfoque más específico en cuanto al conocimiento basado en investigación.

Además, hay que recalcar que el uso de modelos ABM para representar problemas de salud en México nos permitió identificar la carencia de fuentes de información disponibles para su desarrollo y por ende la necesidad de generar bases de datos que impulsen el uso de nuevas herramientas y la generación de investigaciones encaminadas a la búsqueda de soluciones.

Se abren así oportunidades para una agenda futura, ya que de los resultados obtenidos en esta investigación, una vez concluido el modelo multinivel y multiagentes se podrían generar recomendaciones en torno a políticas o programas públicos enfocados en la mejora de la salud y por ende en la disminución de la diabetes en México. Esto se apega completamente al panorama actual de la pandemia COVID-19, ya que la diabetes y otros problemas de comorbilidad son considerados las principales causas de muertes en nuestro país (CIGA, 2020) y representando de esta forma un llamado a la comunidad científica por el desarrollo de proyectos enfocados a la solución de problemas sociales.

Por lo tanto, entre los temas que quedan pendientes para futuras investigaciones se tienen:

- El desarrollo y obtención de fuentes de información complementarias que permitan un mejor análisis y aproximación a la simulación del problema;
- La incorporación y desarrollo de los modelos desde la perspectiva de los demás agentes, complementando así el desarrollo de un modelo multinivel con perspectiva multiagentes, mismo que podrá ser validado para su posterior simulación;
- La integración de fuentes de datos que permitan realizar estudios estructurales y que analizar la evolución en el tiempo;
- Implementar los resultados obtenidos a partir del análisis de estos modelos como recomendaciones en políticas y programas públicos para la mejora de la salud pública y la disminución de la presencia de diabetes en México;

7.4 Principales aportaciones en mi formación profesional

Al desarrollar este trabajo me encontré con diversos retos en mi formación profesional, mismos que me impulsaron a fortalecer mi capacidad para estructurar procesos altamente complejos e interactivos como lo es un problema social de esta índole. Además, cabe mencionar que lograr el análisis, clasificación y caracterización de los agentes a partir de las fuentes de información disponibles e integrarlas con una metodología prácticamente nueva para mí, elevó no sólo la dificultad sino mi interés sobre el proyecto.

Me gustaría resaltar que durante el desarrollo de este proyecto constantemente venía a mi mente la pregunta: ¿cómo hacen actualmente para proponer soluciones a problemas tan complejos?; misma a la cual aún no encuentro solución; y no porque no se realicen en la actualidad propuestas valiosas y bien dirigidas, sino porque conforme avanza en el desarrollo del proyecto, fui entrando en razón de la gran necesidad que se tiene por el uso e integración de metodologías mixtas que contemplen diversas disciplinas para su aplicación, de manera que se pueda asemejar con mayor afinidad un problema.

A nivel individual estructurar procesos altamente complejos se relacionó mucho con mi formación de licenciatura y con las capacidades de análisis adquiridas a lo largo de la misma, favoreciendo el desarrollo de este proyecto y por ende del modelo conceptual. No obstante llevar ese análisis acompañado con un análisis teórico y validación metodológica que permitiera el entendimiento del mismo desde cualquier disciplina representó un gran reto.

8 Bibliografía

Ahrweiler, P., Gilbert, N., Pyka, A., & Schilperoord, M. (2020). *SKIN*.

<https://cress.soc.surrey.ac.uk/skin/>

Barabási, A., & Albert, R. (1999). Emergence of Scaling in Random Networks. *Science*, 286(October), 509–513. <https://bidi.uam.mx:3283/stable/2899318>

Barabási, A., Jeong, H., Néda, Z., Ravasz, E., Schubert, A., & Vicsek, T. (2002). Evolution of the social network of scientific collaborations. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 311(3), 590–614.

Betancourt, J., & Ramis, R. (2010). Apuntes sobre el enfoque de la complejidad y su aplicación en la salud. *Revista Cubana de Salud Pública*, 36(2), 160–165.

- Bone, F., Hopkins, M. M., & Davey, G. (2017). *User Guide to DARE*.
http://www.sussex.ac.uk/spru/research/dare/data/DARE_User_Guide_2017.pdf
- Boschma, R. A. (2005). Proximity and innovation: A critical assessment. *Regional Studies*, 39(1), 61–74. <https://doi.org/10.1080/0034340052000320887>
- Buchmann, T. (2014). The Evolution of Innovation Networks. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 110, Issue 9). Springer.
- Buchmann, T., & Pyka, A. (2014). Economics of Innovation and New Technology The evolution of innovation networks : the case of a publicly funded German automotive network. *Economics of Innovation and New Technology*, August.
<https://doi.org/10.1080/10438599.2014.897860>
- Bunger, A. C. (2014). Building Service Delivery Networks : Partnership Evolution Among Children ' s Behavioral Health Agencies in Response to New Funding Building Service Delivery Networks : Partnership Evolution Among Children ' s Behavioral. *Research Gate, December*. <https://doi.org/10.1086/679224>
- Cardoso, C., Bert, F., & Podestá, G. (2014). *Modelos Basados en Agentes(MBA):definición, alcances y limitaciones*. 14. <https://docplayer.es/669109-Modelos-basados-en-agentes-mba-definicion-alcances-y-limitaciones.html>
- Casas, R. (2003). Intercambio y flujos de conocimiento en las redes. In *Intinerarios del conocimiento. Formas, dinámicas y contenido. Un enfoque de redes*. (pp. 306–354). Anthropos. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-25032004000400008
- Chataway, J., Hanlin, R., Mugwagwa, J., & Muraguri, L. (2010). Global health social technologies : Reflections on evolving theories and landscapes. *Research Policy*, 39(10), 1277–1288. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.07.006>
- CIGA. (2020). *COVID-19 Comorbilidades por Estados*.
<https://covid19.ciga.unam.mx/datasets/73880e59efc14359abfb281d6aafb9f5>
- CONACYT. (2020). *Sistema Nacional de Investigadores*.
<https://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/sistema-nacional-de-investigadores>

- Consoli, D., & Mina, A. (2009). *An evolutionary perspective on health innovation systems*. 297–319. <https://doi.org/10.1007/s00191-008-0127-3>
- Davies, H., Powell, A., & Nutley, S. (2016). Mobilizing Knowledge in Health Care. In *The Oxford Handbook of Health Care Management* (pp. 279–296). Oxford University Press.
[https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=KJtHDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA279&dq=Mobilizing+Knowledge+in+Health+Care&ots=Jihhi35Ao3&sig=xb0GfW7hNdKWn8wm0N-r5ENkWTU#v=onepage&q=Mobilizing Knowledge in Health Care&f=false](https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=KJtHDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA279&dq=Mobilizing+Knowledge+in+Health+Care&ots=Jihhi35Ao3&sig=xb0GfW7hNdKWn8wm0N-r5ENkWTU#v=onepage&q=Mobilizing+Knowledge+in+Health+Care&f=false)
- Di Vincenzo, F. (2018). Exploring the networking behaviors of hospital organizations. *BMC Health Services Research*, 18(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12913-018-3144-4>
- Dutrénit, G., Capdevielle, M., Corona, J. M., Puchet, M., Santiago, F., & Vera-Cruz, A. (2010). The Mexican national innovation system: structures, policies, performance and challenges. In *Mpra.Ub.Uni-Muenchen.De* (Issue 31982). Munich Personal RePEc Archive. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-43508-3>
- Fenwick, T., & Farrell, L. (2013). *Knowledge mobilization and educational research: Politics, languages and responsibilities* (T. and F. Group (ed.)). Routledge.
<https://doi.org/10.1080/0158037X.2013.796794>
- Frank, O., & Strauss, D. (1986). Markov Graphs. *Journal of the American Statistical Association*, 81(395), 832–842.
- Freeman, C. (1987). *Technology, policy, and economic performance: lessons from Japan*. Pinter Publishers.
- Freeman, Chris. (1995). The ' National System of Innovation ' in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, July 1993, 5–24.
- García Valdecasas, J. I. (2011). Agent-based modelling: A new way of exploring social phenomena. *Revista Espanola de Investigaciones Sociologicas*, 136, 91–110.
<https://doi.org/10.5477/cis/reis.136.91>

- Ghazinoory, S., Nasri, S., Ameri, F., Ali, G., & Shayan, A. (2020). Technological Forecasting & Social Change Why do we need ‘ Problem-oriented Innovation System (PIS)’ for solving macro-level societal problems ? *Technological Forecasting & Social Change*, 150(September 2019), 119749.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119749>
- Gilbert, N. (2008). Agent Based Models. *Encyclopedia of GIS, January 2007*.
<https://doi.org/10.1007/978-0-387-35973-1>
- Gilbert, N., Ahrweiler, P., & Pyka, A. (2014). *Simulating Knowledge Dynamics in Innovation Networks*. Springer.
- Gilbert, N., & Terna, P. (2000). How to build and use agent-based models in social science. *Mind & Society*, 1(1), 57–72. <https://doi.org/10.1007/bf02512229>
- Godin, B. (2006). The linear model of innovation: The historical construction of an analytical framework. *Science Technology and Human Values*, 31(6), 639–667.
<https://doi.org/10.1177/0162243906291865>
- Gómez, F., Almeda, P., & Gómez, M. (2015). La Diabetes En México, Orígenes, Retos Y Soluciones. *Academia Nacional de Medicina*. <https://www.asieslamedicina.org.mx/la-diabetes-en-mexico-origenes-retos-y-soluciones/?pdf=3126>
- Graham, I. D., Logan, J., Harrison, M. B., Straus, S. E., Tetroe, J., Caswell, W., & Robinson, N. (2006). *Lost in Knowledge Translation : Time for a Map ?* 26(1), 13–24.
<https://doi.org/10.1002/chp.47>
- Gras, N., Dutrénit, G., & Vera-Cruz, M. (2017). Innovaciones inclusivas: un modelo basado en agentes. In *El proceso de modelado en economía y ciencias de la gestión* (Issue March, pp. 57–101).
- Hain, D., Buchmann, T., Kudic, M., & Müller, M. (2018). Dinámica endógena de redes de innovación en la industria automotriz alemana: análisis de la evolución de la red estructural utilizando un enfoque estocástico orientado al actor. *Computacional*, 8 (3/4), 325. doi: *Revista Internacional de Economía y Econometría*, 8, 325–344.
<https://doi.org/10.1504 / ijcee.2018.096392>

- Hamill, L., & Gilbert, N. (2016). *Agent-Based Modelling in Economics*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Hanlin, R., & Andersen, M. H. (2019). Putting knowledge flows front and centre in health systems strengthening. *Innovation and Development*, 0(0), 1–18.
<https://doi.org/10.1080/2157930X.2019.1567913>
- Hernández-Romieu, A. C., Elnecavé-Olaiz, A., Huerta-Urbe, N., & Reynoso-Noverón, N. (2011). Análisis de una encuesta poblacional para determinar los factores asociados al control de la diabetes mellitus en México. *Salud Publica de Mexico*, 53(1), 34–39.
<https://doi.org/10.1590/S0036-36342011000100006>
- Hopkins, M. (2019). Diversity Approach to Research Evaluation. *DARE*.
http://www.sussex.ac.uk/spru/research/dare/data/DARE_Research_Brief.pdf
- Huisman, M., & Snijders, T. (2003). Statistical Analysis of Longitudinal Network Data with Changing Composition. *Sociological Methods & Research*, June 2014.
<https://doi.org/10.1177/0049124103256096>
- Jensen, M. B., Johnson, B., Lorenz, E., & Lundvall, B. Å. (2007). Forms of knowledge and modes of innovation. *Research Policy*, 36(5), 680–693.
<https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.006>
- Koskinen, J. H., & Snijders, T. A. B. (2007). Bayesian inference for dynamic social network data. *Journal of Statistical Planning and Inference*, 137(12 SPEC. ISS.), 3930–3938. <https://doi.org/10.1016/j.jspi.2007.04.011>
- Leenders, R. (1995). Models for network dynamics : A Markovian framework. *Journal of Mathematical Sociology*, April 1995. <https://doi.org/10.1080/0022250X.1995.9990149>
- Lehoux, P., Williams-Jones, B., Miller, F., Urbach, D., & Tailliez, S. (2008). What leads to better health care innovation? Arguments for an integrated policy-oriented research agenda. *Journal of Health Services Research and Policy*, 13(4), 251–254.
<https://doi.org/10.1258/jhsrp.2008.007173>
- Lundvall, B.-Å. (2016). *The Learning Economy and the Economics of Hope*. Anthem Press.

- Lundvall, B. (1992). *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Pinter Publishers.
- Lundvall, B. (1996). *The Social Dimension of The Learning Economy* (No. 96–1; Issue April).
- Lundvall, B., & Johnson, B. (1994). The Learning Economy. *Journal of Industry Studies*, *X*, 23–42. <https://doi.org/10.1080/13662719400000002>
- Luo, S., Du, Y., Liu, P., Xuan, Z., & Wang, Y. (2015). A study on coevolutionary dynamics of knowledge diffusion and social network structure. *Expert Systems with Applications*. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.12.038>
- Martínez, B. C., Rosado, O. R., López, F. G., Hernández, P. P., Becerra, Á. M., & Villamil, L. V. (2011). Aplicación de modelos de simulación en el estudio y planificación de la agricultura, una revisión. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, *14*(3), 999–1010.
- Miguel Quesada, F. (2020). *Simulación Social: Una introducción*. Serveis Científicotècnics UAB-Laboratori de Simulació de Dinàmiques Socio-Històriques. <http://sct.uab.cat/llds/es/content/simulaci3n-social-una-introducci3n>
- Naidorf, J., & Perrotta, D. (2015). La ciencia social politizada y móvil de una nueva agenda latinoamericana orientada a prioridades. *Revista de La Educacion Superior*, *44*(174), 19–46. <https://doi.org/10.1016/j.resu.2015.05.001>
- Natera, J. M., Rojas, S., Dutrénit, G., & Vera-Cruz, A. (2020). Knowledge dialogues for better health: complementarities between health innovation studies and health disciplines. *Pluto Journals*, *36*, 30–65.
- Natera, J. M., Rojas, S., Dutrénit, G., & Vera-Cruz, A. O. (2019). National health problems and useful knowledge: lessons from public funding of diabetes research in Mexico. *Innovation and Development*, *9*(2), 205–224. <https://doi.org/10.1080/2157930X.2019.1567906>
- Natera, J. M., Suárez, M., & Rojas-Rajs, S. (2017). Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo inclusivo en el sector salud. In *Sociedad, desarrollo y políticas públicas I* (Issue January).

- Natera, J. M., Tomassini, C., & Vera-Cruz, A. O. (2019). Policy analysis and knowledge application for building a healthy health innovation system in developing countries. *Innovation and Development*, 9(2), 159–168.
<https://doi.org/10.1080/2157930X.2019.1570627>
- Nelson, R. (1993). *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. Oxford University Press.
- Nelson, R. (2008). What enables rapid economic progress : What are the needed institutions ? *Research Policy*, 37, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.10.008>
- Nelson, R., & Nelson, K. (2002). Technology , institutions , and innovation systems. *Research Policy*, 31, 265–272.
- Newman, M. (2010). *Networks: An introduction*. Oxford University Press.
- Perrone, A. (2005). Agent-Based Environments: A Review. In *New Tools of Economic Dynamics* (pp. 157–164). Springer. https://doi.org/10.1007/3-540-28444-3_9
- Reza, Y., Dobbins, M., Marin, A., Hanneman, R., & Lohfeld, L. (2015). The evolution of social networks through the implementation of evidence-informed decision-making interventions: A longitudinal analysis of three public health units in Canada. *Implementation Science*, 10(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s13012-015-0355-5>
- Rivas, L. (2011). THE NINE POWERS OF AN INVESTIGATOR. *SCIELO*, 29(1).
- Robins, G., Pattison, P., Kalish, Y., & Lusher, D. (2007). An introduction to exponential random graph (p*) models for social networks. *Social Networks*, 29(2), 173–191.
<https://doi.org/10.1016/j.socnet.2006.08.002>
- Rojas, S. (2016). La diabetes en la publicidad oficial para televisión mexicana: problemas y límites para la comunicación en salud. *Salud Problema, año 10*(año 10 no. 19), 9–21.
- Rojas, S., & Natera, J. M. (2019). Movilización del conocimiento: aportes para los estudios sociales de la salud. *Revista Ciencias de La Salud*, 17(3), 111.
<https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.8369>
- Rojas, S., Natera, J. M., & Gómez, O. S. M. (2018). Diabetes research in mexico: A map of

- 13 years of public funding. *Cadernos de Saude Publica*, 34(9).
<https://doi.org/10.1590/0102-311x00090717>
- Sahal, D. (1981). Alternative conceptions of technology. *Research Policy*, 11(1), 2–24.
[https://doi.org/10.1016/0048-7333\(81\)90008-1](https://doi.org/10.1016/0048-7333(81)90008-1)
- Schinca, N. (2009). Actividad Dietética Dietética La diabetes : una enfermedad multifactorial que requiere una asistencia multidisciplinaria. *Actividad Dietética*, 13(3), 95–96.
- SHCP. (2018). *Analíticos del Presupuesto de Egresos de la Federación 2018*.
https://www.pef.hacienda.gob.mx/es/PEF2018/analiticos_presupuestarios
- Snijders, T. (2001). The statistical evaluation of social network dynamics. *Sociological Methodology*, 31(1), 361–395. <https://doi.org/10.1111/0081-1750.00099>
- Snijders, T. (2003). Accounting for Degree Distributions in Empirical Analysis of Network Dynamics. *Research Gate*, January 2003.
- Snijders, T. (2020). *The Siena Webpage*. <http://www.stats.ox.ac.uk/~snijders/siena/>
- Snijders, T., Steglich, C., Schweinberger, M., & Huisman, M. (2007). Manual for SIENA version 3.0. *Screen*, 19–25.
- Snijders, T., Van de Bunt, G., & Steglich, C. (2010). Introduction to stochastic actor-based models for network dynamics. *Social Networks*, 32(1), 44–60.
<https://doi.org/10.1016/j.socnet.2009.02.004>
- Soares, M., & Cassiolato, J. (2015). Innovation Systems , Development and Health : an Introduction Health Innovation Systems , Equity and Development. *Research Gate*, March.
- SSHRC. (2020). *Social Sciences and Humanities Research Council*. Definitions of Terms 2016. <http://www.sshrc-crsh.gc.ca/funding-financement/programmes-programmes/definitions-eng.aspx#km-mc>
- Sudsawad, P. (2007). Traducción del conocimiento: Introducción a modelos, estrategias y medidas. *Centro Nacional Para La Difusión de Investigaciones Sobre*

Discapacidades. http://www.ktdrr.org/ktlibrary/articles_pubs/ktmodels/ktintro.pdf

- Sung, N., Crowley, W., Genel, M., Salber, P., Sandy, L., Sherwood, L., Johnson, S., Catanese, V., Tilson, H., Getz, K., Larson, E., Scheinberg, D., Reece, E., Slavkin, H., Dobs, A., Martinez, R., & Korn, A. (2013). Central Challenges Facing the National Clinical Research Enterprise. *JAMA*, *289*(10), 1278–1287.
- Teece, D. (1977). Technology Transfer by Multinational Firms: The Resource Cost of Transferring Technological Know-How. *The Economic Journal*, *June*, 242–261. <http://bidi.uam.mx:2789/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=deac8340-21ae-4099-97f3-15ddda5e830a%40sdc-v-sessmgr02>
- Testar, X. (2014). La transferencia de tecnología y conocimiento universidad-empresa en España: estado actual, retos y oportunidades. In *Informe CyD 2011* (Issue June, pp. 281–343). Fundacion CyD. <https://doi.org/10.13140/2.1.2638.9441>
- UNCTAD. (2017). *Curso de formación sobre políticas de CTI-Manual del participante*. https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/dtlstict2017d14_en.pdf
- University of Sussex, & SPRU. (2020). *DARE*. <http://www.sussex.ac.uk/spru/research/dare/Framework.html>
- Valente, T. W., Fujimoto, K., Palmer, P., & Tanjasiri, S. P. (2010). RESEARCH AND PRACTICE A Network Assessment of Community-Based Participatory Research : Linking Communities and Universities to Reduce Cancer Disparities. *American Journal of Public Health*, *100*(7), 1319–1326. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2009.171116>
- Vera-Cruz O., J. A., Natera, J. M., Dutrénit, G., & Rojas, S. (2016). *There are sick people around the Ivory Tower : the financing strategy of diabetes research in Mexico. 1*, 1–33. <http://liee.ntua.gr/wp-content/uploads/2018/02/831-There-are-sick-people-around-the-Ivory-Tower-.pdf>
- Windrum, P., & Garc, M. (2008). *A neo-Schumpeterian model of health services innovation*. *37*, 649–672. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.12.011>
- Wu, J., Shi, L., Zhou, L., & Li, S. (2017). A Contrastive Study on Dynamic Evolution of

Users' Relationship Network in Online Health Community based on Stochastic Actor-oriented Model. *Sixteenth Wuhan International Conference on E-Business*, 600–609.

Zappa, P. (2011). The network structure of knowledge sharing among physicians. *Quality and Quantity*, 45(5), 1109–1126. <https://doi.org/10.1007/s11135-011-9494-1>

Anexo A. Análisis entre los estudios de innovación en salud y las disciplinas de salud

i. Modelo de estudios de innovación en salud

La complejidad del sector de la salud no permite un análisis único para todas las visiones; impulsando la construcción de marcos de análisis como un problema y contexto específico. Por esta razón, Natera *et al.*, (2020) desarrollan un análisis desde ambas visiones, centrándose en: (i) la perspectiva sistémica de los estudios innovaciones y cómo se aplica al sector de la salud llamado “estudios de innovación de la salud” y; (ii) las perspectivas de las traslación de conocimiento específico, llamado “disciplinas de la salud”.

A partir de la revisión realizada por Natera *et al.*, (2020), se seleccionaron dos modelos basados temas de estudios de innovación en la salud:

- *Modelo de Consoli y Mina (2009)*, mismo que propone como núcleo a la generación de nuevos productos y representa la transición en el desarrollo de nuevas tecnologías hasta su incorporación a la práctica médica. Este modelo ejemplifica la interacción entre Ciencia y Tecnología (representada por la Comunidad Científica); centrada en la generación de publicaciones que reflejen nuevos conocimientos (desarrollos farmacéuticos y dispositivos médicos) dentro del mercado tecnológico y representa a hospitales o centros clínicos donde se entregan diagnósticos y tratamientos a los pacientes, hasta llegar a la interacción entre el paciente y el practicante de la salud. En cuanto a las interacciones, el modelo las representa como la interacción entre los médicos (en proyectos de investigación y otros asuntos regulatorios) y la comunidad científica, y la dinámica de la producción de conocimiento en el sector de la salud.
- *Modelo de innovación en los servicios de salud*, establecido por Windrum y García (2008), destinado a evaluar la complejidad del cuidado de la salud mediante la incorporación de consideraciones sociales y políticas en un marco neoschumpeteriano. En este modelo encontramos en el centro a las características del servicio, mismas que son determinadas por la interacción de tres tipos de agentes: proveedores de servicio (instituciones públicas o privadas que realizan actividades de atención médica), diseñadores de políticas y usuarios. Cada actor está involucrado sistémicamente en un proceso interactivo entre sus preferencias y competencias. Resaltando la adaptación de los agentes de acuerdo a los servicios que encuentran,

cómo interactúan y los beneficios que perciben de ellos.

Por último, se presentan dos corrientes principales de sistemas de innovación para la salud inclusiva: la primera que inicia desde el avance de la tecnología a nivel mundial y la segunda que considera el desarrollo de capacidades locales.

- Modelo llamado *tecnologías sociales de salud mundial* propone la adaptación de la CTI en las regiones más avanzadas tecnológicamente como un generador de soluciones (productos y servicios), además de tomar en consideración el contexto, ya que es necesario observar las especificidades locales (condiciones geográficas, culturales, sociales) para lograr una inserción exitosa de productos y servicios en el mercado. Describe la innovación como un proceso en el que las tecnologías físicas y sociales co-evolucionan (Nelson, 2008). La estrategia implica la formación de *Agrupaciones de Desarrollo de Producto (ADP)*, donde los agentes que poseen las tecnologías (empresas nacionales o extranjeras, en el sector público o del académico), pueden interactuar con los sectores afectados por las condiciones de exclusión, desarrollando un conjunto de soluciones adaptadas a sus necesidades (Chataway et al., 2010). Las ADP son las tecnologías sociales requeridas para su aprobación, la adaptación y la intermediación entre los agentes para lograr el flujo de conocimientos y el intercambio de información, pueden configurarse como alianzas público-privadas en las que el sector productivo y los gobiernos son capaces de generar nuevas capacidades, mientras se busca la solución de problemas de salud.
- Modelo conocido como *de Innovación Local y Sistemas de Producción (ILPS)* en el sector de la salud, fue planteado por Soares y Cassiolato (2015), el mismo resalta el desarrollo de capacidades locales como parte crucial en la generación de soluciones a los problemas de salud con una visión inclusiva. Este modelo toma en cuenta el conocimiento tácito, las interacciones entre la innovación y los procesos de aprendizaje y las formas de organización para la evaluación de las capacidades de producción dentro del sistema. En el núcleo del modelo reside las interacciones entre el sector productivo (proveedores, empresas y distribuidores), consumidores y usuarios finales, mostrando una estrecha relación con la definición de las relaciones entre usuarios y productores (B. Lundvall, 1992).

En la Tabla A.1, se presenta un análisis de las principales dimensiones analíticas evaluadas e identificadas dentro de los 4 modelos descritos anteriormente, identificando los agentes que tiene mayor incidencia en los diferentes modelos, las interacciones consideradas por los autores, los procesos de aprendizaje y los marcos institucionales en los cuales se desenvuelven (Natera et al., 2020).

De acuerdo a la revisión previa de los modelos, se concluye en cuatro principales aproximaciones: En primer lugar, los modelos hacen hincapié en lograr el acceso a bienes y servicios, es decir, los medicamentos y dispositivos son el núcleo de los modelos; aunque este no sea una restricción en los procesos de desarrollo inclusivo, sigue siendo un elemento clave para la solución de problemas. En segundo lugar, los estudios de innovación en salud, consideran el proceso de creación de capacidades de los agentes al ser orientados a la solución de problemas. En tercer lugar, al no incluir toda la complejidad que caracteriza a las actividades de salud, encontramos que el modelo de Consoli y Mina (2009) sea quizás el que incluye mayor grado de especificidad en las actividades de salud, sin embargo, aún posee una separación artificial entre la CTI y la prestación de servicios en salud. En cuarto lugar, todos los modelos tienen en cuenta al menos a los siguientes agentes: proveedores de servicios, responsables del diseño de política, comunidad académica y los pacientes.

Tabla A. 1 Análisis entre los modelos de estudios de innovación en salud

Autores	Consoli y Mina (2009)	Wildrum y García-Goñi (2008)	Chataway, Hanlin, Mugwagwa y Muraguri–2010	Soares Couto y Cassiolato (2013)	Sung et. al (2003)
Modelos	Naturaleza de la innovación con enfoque en		Innovación con enfoque en salud		Traducción de
Dimensión analítica	SI orientada a productos	Innovación en servicios de salud	Tecnologías de salud global	Innovación local y sistemas de producción en el sector salud	Bloques traslacionales en el continuo ciclo de investigación
Actores	*Comunidad científica *Empresas *Responsables políticos *Servicios de salud *Proveedores (médicos y practicantes) *Pacientes	*Responsables políticos *Servicios de salud *Proveedores (médicos y practicantes) *Pacientes	*Sector público *Sector privado *Gente con carencias *ONG	*Sector productivo *Proveedores *Consumidores *Socio-política *Organizaciones civiles (financiero, ONG, etc)	No fueron identificados directamente, sin embargo se considera los siguientes: *Comunidad científica *Creadores de políticas *Servicios de salud *Pacientes
Interacciones	*Basado en el conocimiento. *Impulsado por la investigación y los asuntos regulatorios.	*Entre actores: defina las características del servicio. *Dentro de los actores: definir sus preferencias y competencias.	*Los actores interactúan para producir innovación. *Las interacciones impulsan el ciclo de innovación. *Basado en el conocimiento.	*Las interacciones usuario-productor son fundamentales.	*Unidireccional *Definido por la secuencia de investigación científica lineal.
Proceso	*Co-evolución entre el conocimiento existente y nuevos problemas y soluciones. *Depende de las trayectorias tecnológicas. *Se necesita validación del mercado.	*Modelo interactivo en el que los actores del proceso de aprendizaje evolucionan con la prestación de servicios de salud. *Se necesita validación del mercado.	*Las tecnologías físicas se desarrollan en cualquier lugar. *Las tecnologías sociales se basan localmente y permiten la introducción de tecnologías físicas. *Se necesita validación social y de mercado.	*Proceso interactivo donde el sistema productivo está vinculado a actores heterogéneos. *Se necesita validación social y de mercado.	*Modelo lineal de investigación básica a mejora de la salud. *Las actividades de investigación están vinculadas para proporcionar soluciones finales. *Validado por el uso del paciente.
Marco Institucional	*Mediar el 'Sistema de Ciencia y Tecnología' y el 'Sistema de Entrega de Salud'. *Tasa de influencia y dirección de la innovación.	*Los responsables de la formulación de políticas son responsables de la reglamentación y la aprobación.	*Más centrado en las instituciones formales, pero también reconocer las instituciones informales. *Influir en el desarrollo de las tecnologías sociales.	*Incluye instituciones formales e informales. *Determinar los productos y la aceptación del servicio.	*Regular la introducción de resultados de investigación en la práctica médica. *Estático y definido, claramente aplicado en el proceso.

Fuente: Adaptación de Natera *et al.*, (2020)

ii. Modelos de innovación para el uso de conocimiento en salud

Para las disciplinas de la salud, se consideraron las propuestas de modelos de conocimiento (KT) y de investigación traslacional (TR), los cuales tienen una fuerte influencia en la gestión del conocimiento de la salud, ya que se centran en los flujos de conocimiento y su uso. Sin embargo, estos modelos difieren porque TR es un modelo de concepción lineal que traduce el conocimiento básico en aplicación médica y por el contrario KT tiene una definición más amplia del conocimiento y considera múltiples posibilidades para su transferencia y uso (Natera *et al.*, 2020).

Ahora presentaremos de forma breve el análisis realizado para los modelos KT y TR, de manera que podamos identificar las características de los mismos y los agentes que lo componen.

Por un lado, *el modelo TR* surgió con el propósito de identificar los bloques de traslación que tienen que ser superados (Sung et al., 2013). De esta forma, el modelo TR tiene el objetivo de estudiar estos bloques en las ciencias clínicas proponiendo T1 y T2. Donde T1 se refiere a la transición de la investigación básica y productos y T2 se define como la introducción de estos productos o ideas a la práctica clínica. Además, el modelo TR implica que la producción de conocimiento es un proceso unidireccional y lineal, donde la colocación de la investigación sanitaria permanente en ciencia básica, favoreciendo el desarrollo de productos.

Por otro lado, *el modelo de conocimiento KT*, no coloca las ciencias básicas y biomédicas en el núcleo del proceso, proponiendo una alternativa a la linealidad y la unidireccionalidad. Los modelos KT reflejan los conocimientos en las diferentes etapas de investigación, centrados en garantizar la aplicación clínica de la evidencia científica y acortar los períodos de desarrollo, adopción y vinculación de nuevos conocimiento científicos en materia de salud (Graham et al., 2006). Un primer modelo es el llamado el *Modelo Global KT*. Este establece seis acciones para el ciclo de investigación, facilitando los procesos de traslación mediante el fomento de la interacción entre los usuarios de la investigación (Sudsawad, 2007):

- KT1: Definición de preguntas y métodos de investigación;
- KT2: Desarrollo de investigaciones (participativas);
- KT3: Publicación en un lenguaje sencillo y con formato accesible;
- KT4: Colocación de los resultados de investigación en diversos contextos;
- KT5: Tomar de decisiones actuando informado por los resultados de investigación;
- KT6: Influir en las siguientes rondas de la investigación sobre la base de los impactos del uso del conocimiento.

Los modelos TR y KT se han desarrollado fuera de la discusión de la innovación en las ciencias económicas. Estos modelos muestran la complejidad que caracteriza el conocimiento de la salud y destacan las características específicas de estas actividades con los agentes inmersos en un marco global en el que se podrían implementar estrategias de

política. No obstante, los modelos de las disciplinas de la salud han sido diseñados expresamente para los problemas de salud, sin tener consideraciones en los amplios marcos de los SI. Mientras los modelos TR, tienden a desarrollar una lista de actividades que caracterizan el proceso de investigación aplicada a temas de salud y sus métodos a los conocimientos para validar la creación, difusión y uso.

Por un lado, los modelos TR exhiben un alto grado de linealidad, misma que desde la perspectiva de innovación se ha descartado por no reconocer los bucles de retroalimentación entre las diferentes etapas y el punto de partida (Godin, 2006). Por otro lado, los modelos KT superan parcialmente esta linealidad; sin embargo no incluyen todas las actividades y los agentes necesarios para incorporar este nuevo conocimiento en la práctica médica. En la Tabla A. 2 se muestra el análisis sobre dimensiones analíticas de estos modelos:

Tabla A. 2 Análisis entre los modelos de uso de conocimiento para el sector salud

Autores	Sung et. al (2003)	Sudsawad (2007)	Graham et. al (2006)
Modelos	Traducción de	Investigación traslacional	
Dimensión analítica	Bloques traslacionales en el continuo ciclo de investigación	Modelo global (KT)	Proceso de conocimiento a acción
Actores	No fueron identificados directamente, sin embargo se considera los siguientes: *Comunidad científica *Creadores de políticas *Servicios de salud *Pacientes	*Investigadores *Usuarios del conocimiento *Creadores de políticas	*Usuarios del conocimiento *Creadores del conocimiento
Interacciones	*Unidireccional *Definido por la secuencia de investigación científica lineal.	*Feedback bucles entre diferentes actividades. *Definido por los pasos del proceso.	*Bidireccional entre fases del ciclo de acción. *Feedback bucles en el proceso de creación de conocimiento.
Proceso	*Modelo lineal de investigación básica a mejora de la salud. *Las actividades de investigación están vinculadas para proporcionar soluciones finales. *Validado por el uso del paciente.	Los flujos de conocimiento se organizan en torno a la investigación científica (vinculando a investigadores y usuarios del conocimiento, al conocimiento global). *La evaluación de impacto valida el uso de conocimientos.	*Compuesto por dos subprocesos: ciclo de acción y creación de conocimiento. *La evaluación del uso del conocimiento es el mecanismo de validación.
Marco Institucional	*Regular la introducción de resultados de investigación en la práctica médica. *Estático y definido, claramente aplicado en el proceso.	*Regular la introducción de los resultados de la investigación. *Considere los factores culturales y organizativos.	*Regular la introducción de los resultados de la investigación. *Considere los factores culturales y organizativos.

Fuente: Adaptación de Natera *et al.*, (2020)

Por último, Natera *et al.*, (2020) generan un análisis respecto a las complementariedades entre el uso del conocimiento en estudios de innovación en la salud y las disciplinas sanitarias, en el cual en relación con los agentes, se propone el reconocimiento del sector público, el sector productivo, la comunidad científica, y los proveedores de servicios de salud, y se logra la definición de dos agentes de la dinámica: usuarios del conocimiento y de los beneficiarios de conocimiento. Estos dos agentes representan la dinámica de las diferentes aplicaciones que el conocimiento pueda tener. En términos de interacción, les recomendamos considerar como asimétrica basada en las asimetrías institucionales y de capacidad. Se argumenta que la

comprensión del proceso debe basarse en modelos específicos de las actividades de salud y los procesos de aprendizaje, utilizando los mecanismos de mercado y la validación de no mercado. Por último, se propone la consideración de las instituciones formales (regulaciones también afectan las actividades productivas), y las instituciones informales (fondo socio-culturales) en el marco institucional (Véase Tabla A. 3).

Tabla A. 3 Complementariedades entre modelos de estudios de innovación en salud y disciplinas sanitarias

Complementariedades entre el uso de conocimientos en estudios de innovación sanitaria y disciplinas sanitarias			
Dimensión analítica	Modelos		Complementariedades entre los dos enfoques
	Enfoque de estudios de innovación sanitaria	Enfoque de disciplina sanitaria	
Actores	*Se centra en los actores. *Reconoce al sector público, al sector productivo, a la comunidad científica y a los proveedores de servicios de salud. *Igualdad de pacientes a los consumidores.	*Menos enfoque en los actores. *Reconoce a la comunidad científica y a los proveedores de servicios de salud. *La caracterización de los proveedores de servicios de salud es muy detallada. *Acciones orientadas a pacientes individuales.	*Reconocimiento del sector público, sector productivo, comunidad científica, proveedores de servicios de salud. *Definición de dos actores dinámicos: usuarios del conocimiento y beneficiarios del conocimiento.
Interacciones	* Enfoque en describir la interacción entre todos los diferentes actores. *No tenga en cuenta las dimensiones jerárquicas de las interacciones.	*Colocar interacciones jerárquicas de la comunidad científica y los responsables políticos al resto del sistema. *No considere explícitamente las jerarquías entre los pacientes y los médicos	Consideración de interacciones asimétricas.
Proceso	*Proceso de innovación genérico adaptado a las actividades sanitarias. Falta de especificidad. *Consideración del sector productivo como proveedor de productos y servicios de salud. *Los mecanismos de mercado validan el uso del conocimiento.	*Modelo lineal de innovación: enfoque en las ciencias básicas. *El conocimiento se valida de acuerdo con su uso en los beneficios de los pacientes.	*Inclusión de bucles de retroalimentación para evitar la linealidad: las fuentes de conocimiento se distribuyen en el modelo. *Generación de diferentes mecanismos de validación para el uso del conocimiento (incluyendo, pero no limitado a la dinámica del mercado).
Marco Institucional	*La regulación forma parte del contexto o afecta a una parte del sistema. *Los antecedentes socioculturales se consideran en el proceso de creación de capacidades.	*La regulación forma parte del contexto. *Las instituciones informales se descuidan.	*Consideración de las instituciones formales (las regulaciones también afectan a las actividades productivas). *Consideración de las instituciones informales (antecedentes socioculturales).

Fuente: Adaptación de Natera *et al.*, (2020)

iii. Dimensiones entre estudios de innovación de salud y disciplinas de salud

Las cuatro dimensiones analíticas definidas por Natera *et al.*, (2017) son las siguientes:

1. Agentes que integran el SI como unidad de análisis: Freeman (1995) identifica las actividades y relaciones de las instituciones de los sectores público y privado como parte fundamental para llevar a cabo los procesos de CTI. Sin embargo, de acuerdo con Lundvall (2016), hay espacio para la inclusión de otros agentes de acuerdo a la perspectiva que se desarrolla, ampliando la visión de los agentes y contextos involucrados en un SI. Cabe resaltar que la definición tanto de los agentes como las interacciones involucradas dentro del SI, variarán de acuerdo a las características de cada región de análisis (Dutrénit *et al.*, 2010).

2. Las relaciones o interacciones que se llevan a cabo entre agentes: Desde una perspectiva de redes, las relaciones y los vínculos que se establecen a través de intercambios continuos de los agentes, permiten mejorar los flujos de información y la generación de nuevos vínculos (Gilbert et al., 2014). No obstante, estas interacciones pueden ser vistas de forma jerárquicas y dependen de las relaciones de poder basado en las capacidades y las asimetrías institucionales (Dutrénit et al., 2010).
3. El proceso de aprendizaje: Esta dimensión incluye: (i) el proceso de aprendizaje en el que los agentes modificar o crean nuevos productos, métodos o servicios (B. Lundvall & Johnson, 1994), además de tener en cuenta los diferentes modos de aprendizaje (aprender haciendo, aprender por el uso y aprender de la interacción), los niveles en los que se desarrolla y que el mismo se lleva a cabo en personas (B. Lundvall, 1996); y (ii) el proceso de validación innovación, normalmente representado por los mecanismos de mercado, pero no se limitado a ellos. Natera, Rojas, *et al.*, (2020) argumentan la existencia de otros mecanismos de validación en el sector de la salud que representan la aplicación del conocimiento en términos de utilidad no privado.
4. El marco institucional: Mejor conocido como las 'reglas del juego'; son una parte principal de un SI (Nelson & Nelson, 2002). Estas reglas determinan el surgimiento de nuevas tecnologías y las posibles vías que permitan incorporarlas como soluciones de CTI en diferentes contextos.

Anexo B. Entrada de la descripción de datos básicos

i. Archivos de entrada “Dígrafo”

Es necesario conocer las características de los gráficos dirigidos (*dígrafos*), a partir de dos formatos de entrada:

- I. Matrices de adyacencia: Considerando la información en forma de matriz; sin embargo, es posible que se evalúen redes dirigidas y no dirigidas.
- II. Formato Pajek: Considera la información con extensión .net, de manera que el programa SIENA, detectará si se habla de una red dirigida o no dirigida.

ii. Valores estructuralmente determinados

En SIENA, se permite que algunos de los valores en el dígrafo estén determinados estructuralmente, es decir, deterministas en lugar de al azar. El modelo permite ceros estructurales y unos estructurales. Un cero estructural significa que es seguro que no hay un vínculo entre el actor i y el actor j ; un uno estructural significa que es seguro que hay un enlace. Los ceros estructurales proporcionan una manera fácil de tratar con los agentes que abandonan o se unen a la red entre el comienzo y el final de las observaciones. En estos archivos, las posiciones determinadas estructuralmente (ceros estructurales como los unos estructurales) se indican con el valor 1, todos los demás (es decir, las posiciones donde los lazos son aleatorias) por el valor 0.

iii. Covariables diádicas

Como los datos del dígrafo, también cada medida de una covariable diádica debe estar contenida en un archivo de entrada con una matriz de datos cuadrados, es decir, n líneas cada una con n números enteros, separados por espacios en blanco o pestañas. Se hace una distinción entre covariables diádicas constantes y cambiantes, donde el cambio se refiere a que cambia con el tiempo. Cada covariable constante tiene un valor para cada par de agentes, que es válido para todos los momentos de observación, y tiene el papel de una variable independiente.

iv. Covariables individuales

Las variables individuales (es decir, vinculadas al actor) se pueden combinar en uno o más archivos. Si hay k variables en un archivo, este archivo de datos debe contener n líneas, con k números cada una, siendo todos números reales.

También, se hace una distinción entre variables de agentes constantes y cambiantes. En la constante, la covariable de actor tiene un valor por actor, el cual es válido para todos los momentos de observación, y tiene el papel de una variable independiente. Las variables cambiantes pueden cambiar entre los momentos de observación. Pueden tener el papel de variables dependientes (que cambian dinámicamente en dependencia mutua con la red cambiante) o de variables independientes; en el último caso, también se denominan "covariables individuales cambiantes".

v. Interacciones y transformaciones diádicas de covariables

Para las covariables de actor, dos tipos de transformaciones a covariables diádicas se realizan internamente en SIENA:

- I. Similitud diádica, la media de esta similitud es 0; antes de centrar, mientras la variable de similitud es 1 si los dos agentes tienen el mismo valor, y 0 si uno tiene el valor más alto y el otro el más bajo posible;
- II. Identidad diádica, definida por 1 si las características de los agentes son iguales y 0 en caso contrario (no centrado)

vi. Variables de acción dependientes

SIENA permite variables de acción dependientes, también llamadas de comportamiento dependiente. Las cuales pueden ser utilizadas en estudios de co-evolución de redes y comportamiento. Estas variables de acción representan comportamiento de los agentes, actitudes, creencias, etc. La diferencia entre las variables de acción dependientes y las covariables de los agentes, es que estos últimos cambian de manera exógena, es decir, de acuerdo con mecanismos no incluidos en el modelo, mientras que las variables de acción dependiente cambian endógenamente, es decir, dependiendo de sus propios valores y en la red cambiante.

Las variables de acción dependientes deben tener valores enteros no negativos; por ejemplo, 0 y 1, o un rango de enteros como 0, 1, 2 o 1, 2, 3, 4, 5. Cada variable de acción dependiente debe darse en un archivo que contenga $k = M$ columnas, correspondientes a los M momentos de observación.

vii. Datos faltantes

SIENA permite que falten algunos datos sobre variables de red, covariables y variables de acción dependiente. Los datos faltantes en la covariables diádicas cambiantes aún no se implementan. Además, estos datos faltantes deben indicarse mediante códigos que permitan identificarlas.

Los datos faltantes se tratan por separado para cada período entre dos observaciones consecutivas de la red. En la observación inicial para cada período, se establecen entradas faltantes en la matriz de adyacencia = 0, es decir, se supone que no hay empate. Datos covariables faltantes, así como entradas faltantes en las variables de acción dependientes se reemplazan por el puntaje promedio de la variable en este momento de observación.

viii. Cambio de composición

SIENA también se puede utilizar para analizar redes en las que la composición cambia con el tiempo (cuando los agentes se unen o abandonan la red entre las observaciones). Esto se puede lograr al usar alguna de las siguientes opciones:

- a) *Ceros estructurales*: Se pueden especificar ceros estructurales para todos los elementos de las variables de enlace y de agentes que están ausentes en un momento de observación dado.
- b) *Método de Huisman y Snijders (2003)*: Este método requiere de un archivo de datos en el que se indiquen los tiempos en los cuales se encuentran los cambios de composición. Para redes con composición constante (sin agentes entrantes o salientes), este archivo se omite y la subsección actual puede ser descartada. Sin embargo, el cambio de composición de la red, se genera debido a que los agentes se unen o abandonan la red (manejándose por separado del tratamiento de datos faltantes). Los archivos de datos del dígrafo deben contener todos los agentes que forman parte de la red en cualquier momento de observación (denotado por n) y cada actor debe recibir un mensaje separado (y fijo) en estos archivos, incluso para tiempos de observación en los que el actor no es parte de la red (por ejemplo, cuando el actor aún no se unió o el actor ya dejó la red). En otras palabras, en la matriz de adyacencia para cada tiempo de observación tiene dimensiones $n \times n$.

En los momentos, donde el actor no está en la red, las entradas de la matriz de adyacencia pueden ser especificadas de dos maneras:

- Como valores perdidos utilizando códigos de valor perdido. En la estimación procedimiento, estos valores faltantes de los ensambladores antes de unirse a la red se consideran 0, y las entradas que faltan de los egresados después de que abandonaron la red se corrigen como valores observados.
- Una segunda forma es dar a las entradas un código regular observado, que represente la ausencia o presencia de un arco en el dígrafo (como si el actor fuera parte de la red). Para los que se unen y los que abandonan, la información crucial está contenida en los momentos en que se unen o dejan la red (es decir, los tiempos de cambio de composición), que deben presentarse en un archivo de entrada separado. Este archivo de datos debe contener n líneas, cada línea representando el actor correspondiente en el dígrafo, con cuatro números en cada línea: Las dos primeras se refieren a los que se unen, las últimas dos se refieren a los que abandonan: 1) el último momento de observación en el que el actor aún no se observa, 2) el momento de unirse (expresado como una fracción de la duración del período), 3) el último momento de observación en el que se observa al actor, 4) el tiempo de partida (también expresado como una fracción).

A un actor solo se le permite unirse y salir de la red. El tiempo que el actor es parte de la red debe ser un período ininterrumpido. No está permitido que un actor se una dos veces o se vaya dos veces. Cuando no hay información adicional sobre el momento en que un actor se une o se va (en algún período conocido), allí se tienen tres opciones: establecer la fracción igual a 0.0, 0.5 o 1.0. Se cree que la segunda opción es menos restrictiva.

ix. Centrado

El programa SIENA centra las covariables individuales y diádicas de la siguiente manera:

- a) Para covariables individuales, el valor medio se resta inmediatamente después de leer las variables.

- b) Para las covariables cambiantes, esta es la media global (promedio de todos los períodos). Los valores de estos medios restados se informan en la salida.
- c) Para las covariables diádicas y las variables de similitud derivadas de las covariables individuales, se calcula la media, almacena y resta durante los cálculos del programa.

La fórmula para el equilibrio es un tipo de disimilitud entre las filas de la matriz de adyacencia. La disimilitud media se resta en esta fórmula y también se informa en el resultado.

Anexo C. Especificación del modelo

Una vez definidos los datos, el siguiente paso es especificar el modelo a utilizar en nuestro problema. La especificación del modelo consiste en una selección de 'efectos' para la evolución de cada variable dependiente (red o comportamiento). A continuación se detallan de manera rápida algunos efectos que pueden encontrarse en los diferentes tipos de modelo SIENA (Snijders et al., 2007):

Para el caso longitudinal, se distinguen tres tipos de efectos (Snijders, 2001):

- a) *Efectos de la función de velocidad*: Encargada de modelar la velocidad por la cual cambia la variable dependiente (la velocidad con la que cada actor de la red tiene la oportunidad de cambiar su puntaje en la variable dependiente).
- b) *Efectos de la función de evaluación*: Modela la satisfacción de los agentes de la red con su red local. *Configuración del barrio*. Se supone que los agentes cambian sus puntajes en la variable dependiente de modo que mejoren su satisfacción total.
- c) *Efectos de la función de dotación*: Esta es una extensión de la función de evaluación, con la diferencia que permite distinguir entre vínculos de red nuevos y antiguos (al evaluar posibles cambios de red) y entre aumentar o disminuir las puntuaciones de comportamiento (al evaluar posibles cambios de comportamiento). La función modela la pérdida de satisfacción incurrida cuando se disuelven los lazos de red existentes o cuando los puntajes de comportamiento se reducen a un valor más.

i. Efectos estructurales importantes para la dinámica de la red

Para realizar el desarrollo de la parte estructural de la dinámica de red en el modelo, se necesita considerar los siguientes efectos:

- I. El efecto externo (siempre debe incluirse);
- II. El efecto de reciprocidad (siempre debe incluirse);
- III. Hay una opción de cuatro efectos de cierre de red. Pueden ser seleccionados por consideraciones teóricas y / o por su significancia estadística empírica.
 - a. El efecto de los trillizos transitivos: Para este efecto, la contribución del empate ($i \rightarrow j$), es proporcional al número total de trillizos transitivos que se forma (por ejemplo: $[i \rightarrow j \rightarrow h; i \rightarrow h]$ así como $[i \rightarrow h \rightarrow j; i \rightarrow j]$).

- b. El efecto de equilibrio: Esto expresa una preferencia de los agentes por tener lazos con aquellos otros agentes que tienen un conjunto similar de lazos salientes como ellos mismos. Mientras el efecto de los trillizos transitivos se enfoca en cuántas mismas elecciones son hechas por el actor focal, el efecto de equilibrio se enfoca en cuántos son iguales ($X_{ih} = X_{jh} = 0$).
- c. El efecto de lazos directos e indirectos: Es similar al efecto de los trillizos transitivos, pero este considera si hay al menos una de esas conexiones indirectas.
- d. El efecto de dos distancias, expresa inversamente el cierre de la red: un cierre de red es más fuerte (cuando el número total de lazos es fijo) conduciendo a menos distancias geodésicas iguales a 2. Cuando este efecto es negativo, los agentes tendrán preferencia por tener pocos agentes a una distancia geodésica de 2 (dado su grado de salida, que es el número de otros a distancia 1)
- e. El efecto de tres ciclos, puede considerarse como un reciprocidad generalizada (en una interpretación de intercambio de la red) pero también como lo contrario de la jerarquía (en una interpretación de orden parcial de la red). Un efecto negativo, a veces puede interpretarse como una tendencia hacia la jerarquía. El efecto de tres ciclos también contribuye al cierre de la red.
En una red no dirigida, el efecto de tres ciclos es idéntico al efecto de trillizos transitivos.
- f. Otro efecto triádico es el efecto de intermediación, que representa el corretaje: la tendencia a agentes para posicionarse entre otros no directamente conectados, es decir, una preferencia de $i \rightarrow j$ con aquellos j 's para los cuales hay muchas h 's con $h \rightarrow j$.
- g. La distribución de grados se puede modelar más de cerca usando la suma de efectos de $(1 / (\text{Fuera de grado} + 1))$ y / u otros efectos definidos por funciones no lineales de grados externos

ii. Efectos para la dinámica de red asociada con covariables

Para cada covariable individual, hay varios efectos que se pueden incluir en un modelo específico, tanto en la parte de evolución de la red como en la parte de evolución del comportamiento:

- I. Función de velocidad de red: El efecto de la covariable sobre la tasa de cambio de red del actor;
- II. Evaluación de la red y funciones de dotación:
 - a. El efecto de covarianza-similitud; un parámetro positivo implica que los agentes prefieren los lazos con otros que tengan valores similares en esta variable,
 - b. El efecto sobre la actividad del actor (covariable-ego); un parámetro positivo implicará la tendencia a que los agentes con valores más altos aumenten sus grados externos más rápido;
 - c. El efecto sobre la popularidad del actor para otros agentes (covariable-alterar); un parámetro positivo implicará la tendencia de que los grados de agentes con valores más altos en esta covariable aumenten más rápido;
 - d. La interacción entre el valor de la covariable del ego y del otro actor (covariable-ego \times covariable-alterar); un efecto positivo aquí significa, que los agentes con un valor más alto en la covariable preferirán vínculos con otros que también tengan un valor relativamente alto;
 - e. El efecto de identidad covariable, que expresa la tendencia de los agentes a vincularse a otros con exactamente el mismo valor en la covariable; este efecto es adecuado para variables categóricas;
 - f. El efecto de interacción de la covarianza-similitud con la reciprocidad.

iii. Efectos sobre la evolución del comportamiento

Para modelos con una variable de comportamiento dependiente (en modelos para la coevolución de redes y comportamiento), los efectos más importantes para la dinámica del comportamiento son los siguientes.

1. El efecto de tendencia (expresa el impulso hacia valores altos): Un valor cero para la tendencia implicará una deriva hacia el punto medio del rango de la variable de comportamiento.
2. El efecto del comportamiento sobre sí mismo, es relevante solo si el número de categorías de comportamiento es mayor o igual a 3. Con un coeficiente negativo, esto representa que el comportamiento más deseado puede mentir en algún lugar entre los valores mínimos y máximos de la variable de comportamiento.
3. El efecto de similitud promedio, que expresa la preferencia de los agentes por ser similares a sus alternos, donde la influencia total de los alternos es la misma independientemente del número de alternos.
4. El efecto de similitud total (expresa la preferencia de los agentes por ser similares a sus alternos), donde la influencia total de los alternos es proporcional al número de alternos.
5. El efecto alterno promedio (expresando aquellos agentes cuyos alternos tienen un valor promedio más alto del comportamiento), también tienen una tendencia más fuerte hacia valores altos en el comportamiento.
6. El efecto de grado, expresando que los agentes con un grado más alto (agentes más 'populares'), tienen una tendencia más fuerte hacia valores altos en el comportamiento.
7. El efecto *out-degree*, expresando que los agentes con un *out-degree* más alto (agentes más 'activos'), tienen una tendencia más fuerte hacia valores altos en el comportamiento.

iv. Modelos de gráficos aleatorios exponenciales

Para el caso no longitudinal mejor conocido como Modelo de Gráficos Aleatorios Exponenciales ('ERGM'), Robins *et al.*, (2007) desarrollan una serie de efectos que pueden intervenir dentro de la estructura básica del modelo para redes dirigidas, estos son los siguientes:

1. El efecto de reciprocidad.
2. El efecto alterno de *k-out-stars* para representar la distribución de los *out-degrees*.
3. El efecto alterno *k-in-stars* para representar la distribución de los *in-degrees*.

4. Para alternar el efecto de los triángulos *k-transitivos*, para representar la tendencia a la transitividad.
5. El efecto alternativo independiente de dos caminos para representar las condiciones previas para la transitividad, o la asociación entre grados de entrada y salida.
6. El número de tres ciclos para representar la ciclicidad, o reciprocidad generalizada, o lo contrario de jerarquía. Para redes no dirigidas. La parte estructural básica está compuesta por el siguiente conjunto, más pequeño.
 - a. El efecto alterno de *k-stars* para representar la distribución de los grados.
 - b. Para alternar el efecto de los triángulos *k-transitivos*, que representen la tendencia a la transitividad.
 - c. El efecto alternativo de dos caminos independientes para representar las condiciones previas para la transitividad, o, la asociación entre grados de entrada y salida.

v. Efectos de interacción adicionales

Es posible que el usuario defina efectos de interacción adicionales para la red. Esto aplica tanto para modelado longitudinal como no longitudinal (ERGM). Modificar los parámetros de efectos internos de estos permite la definición de interacciones bidireccionales o tripartitas.

- a. Para modelos longitudinales: Los efectos del ego de las variables de actor pueden interactuar con todos los efectos. Además, los efectos de interacción son permitidos, que son combinaciones de variables de actor, variables diádicas y reciprocidad.
- b. Para modelos no longitudinales (ERG): Las covariables de agentes y diádicas pueden interactuar entre sí y con reciprocidad.

La especificación se realiza cambiando el parámetro de efecto interno para los efectos de interacción.

vi. Tipo de modelo

- a) Tipo de modelo: redes dirigidas: Para redes dirigidas, se distingue entre el modelo de Snijders (2001) (Modelo Tipo 1) y el de Snijders (2003) (Modelo Tipo 2).

- El Tipo de modelo 1: Es el modelo predeterminado y se describe en las publicaciones básicas sobre modelos estocásticos orientados al actor para la dinámica de redes.
 - En el Modelo Tipo 2, las "decisiones" de los agentes consisten en dos pasos: primero, un paso para aumentar o disminuir su grado de salida; cuando se ha dado este paso, la selección del otro actor hacia a quién se extiende un nuevo empate (si aumenta el grado externo) o de un empate existente se retira (si hay caídas de grado). La decisión de un actor de aumentar o disminuir el número de lazos salientes se determina solo en base al grado actual; las probabilidades de aumentar o disminuir los grados de salida se expresan mediante la función de tendencia de distribución ξ (indicada en la salida como X_i) y la función de volatilidad v (indicada como ν). El uso de este enfoque en el modelado estadístico minimiza la influencia de los grados observados en las conclusiones sobre los aspectos estructurales de la dinámica de la red.
 - Además de estos tipos, existe el Modelo Tipo 6 que implementa el modelo de reciprocidad de Leenders (1995), siempre que no haya otros efectos. Este modelo es significativo para proporcionar una prueba de la hipótesis nula de que la dinámica de las díadas es mutuamente independiente, contra la hipótesis alternativa de que existen efectos de red (que hacen que los procesos de díadas sean mutuamente dependientes).
- b) Tipo de modelo: redes no dirigidas: Las redes no dirigidas son una opción no documentada (Snijders et al., 2007). Sin embargo, SIENA detecta automáticamente cuando todas las redes no están dirigidas, y luego emplea un modelo para este caso especial. En este caso, el tipo de modelo que se implementa tiene seis valores posibles, de acuerdo con Snijders (2007):
1. *Modelo de forzamiento*: un actor toma la iniciativa e impone unilateralmente que se cree o se disuelva un lazo.
 2. *Iniciativa unilateral y confirmación recíproca*: un actor toma la iniciativa y propone un nuevo vínculo o disuelve un vínculo existente; si el actor propone un nuevo empate, el otro tiene que confirmar, de lo contrario no se crea el empate.

3. *Modelo basado en lazos*: se elige un par aleatorio de agentes (aquí no se utilizan funciones de tasa específicas del actor), y el cambio promedio en la función objetivo (1) para alternar (i, j) y (j, i) es el *log-odds* de la probabilidad de cambiar la variable de empate.
4. *Modelo conjuntivo por pares*: se elige un par de agentes y reconsideran si existirá un lazo entre ellos; un nuevo empate es formado si ambos están de acuerdo.
5. *Modelo disyuntivo por pares (forzado)*: se elige un par de agentes y reconsideran si existirá un lazo entre ellos; un nuevo empate es formado si al menos uno desea esto.
6. *Modelo compensatorio por pares (aditivo)*: se elige un par de agentes y reconsideran si existirá un lazo entre ellos; esto se basa sobre la suma de sus utilidades por la existencia de este vínculo.

En los Modelos 1-2, donde la iniciativa es unilateral, la función de tasa es comparable a la función de tasa en modelos dirigidos. Sin embargo, en los Modelos 4-6, el par de agentes se elige a un ritmo que es el producto de las funciones de velocidad λ_i y λ_j para los dos agentes. Esto significa que las oportunidades para el cambio de la variable de enlace simple X_{ij} ocurre a la tasa $\lambda_i \times \lambda_j$.

Anexo D. Estimación de los valores de los parámetros mediante simulación estocástica

i. Algoritmo

En todos los métodos, el número de parámetros se denota por p . Los algoritmos se basan en la simulación repetida del proceso de evolución de la red. El valor inicial de los parámetros normalmente es el valor actual (es decir, el valor que ellos parámetros tienen inmediatamente antes de comenzar el proceso de estimación); como alternativa, es posible comenzar con un valor inicial estándar.

El algoritmo tiene para el método MoM y ML las siguientes tres fases:

1. El vector de parámetros se mantiene constante en su valor inicial. Esta fase es la primera estimación aproximada de la matriz de derivados.
2. Consta de varias subfases. Más subfases significa una mayor precisión. El número predeterminado de subfases es 4. Los valores de los parámetros cambian de una ejecución a otra, lo que refleja las desviaciones entre los valores generados y observados de las estadísticas.
3. El vector de parámetros se mantiene constante nuevamente, ahora en su valor final. Esta fase es para estimar la matriz de covarianza y la matriz de derivados utilizados para el cálculo de errores estándar. El número predeterminado de ejecuciones en la fase 3 es 1000

ii. Verificación de convergencia

Se realiza una verificación de convergencia, basada en la Fase 3 del algoritmo. Esta considera las desviaciones entre los valores simulados de las estadísticas y sus valores observados (donde los segundos se denominan 'objetivos'). Idealmente, estas desviaciones deberían ser 0. Debido a la naturaleza estocástica del algoritmo, cuando el proceso ha convergido correctamente, las desviaciones son pequeñas pero no exactamente igual a 0. Para el modelado longitudinal, la convergencia es excelente cuando estos valores t son inferiores a 0.1 en absoluto.

Para el modelo ERGM (o p^*), la convergencia del algoritmo es más problemática que para el modelado longitudinal. Se debe encontrar un valor más nítido de las relaciones t . Es aconsejable intentar obtener valores t menores a 0.15. Si, incluso con pruebas repetidas, el

algoritmo no logra producir valores en este rango, entonces los resultados de la estimación son de dudoso valor.

iii. Otras pruebas de verificación

Existen en la actualidad diversos procedimientos para validar y retroalimentar el algoritmo desarrollado en el modelo, el cual se considera parte fundamental para representar el problema que se busca simular. Cabe resaltar que en caso de que el algoritmo presente algún error dentro de los parámetros o directamente en la verificación de las salidas, es posible regresar al desarrollo del mismo, de manera que pueda representar de la mejor forma posible el problema a estudiar. Sin embargo, así como la verificación de convergencia, se tienen otro tipo de validaciones al modelo como son: valores de parámetros y errores estándar, comprobación de colinealidad, fijación de parámetros, estimación condicional e incondicional, errores estándar y pruebas; los cuales se encargan de validar los efectos de los parámetros dentro del modelo, verificar si existen patrones iguales de datos, permiten la fijación automática o manual de parámetros que sean sensibles para el modelo, reflejan el comportamiento de las simulaciones con condiciones de tiempo y entradas o directamente sobre el comportamiento de los parámetros, miden la sensibilidad de los valores esperados de las estadísticas, realiza pruebas que permiten ver el comportamiento y bondad de ajuste del modelo. Todas estas formas de verificar el algoritmo y por ende el modelo, sirven para integrar de la mejor forma un programa que permita simular la realidad del problema, de manera que los resultados que arroje la simulación permitan analizar y comprobar lo esperado.

iv. Simulación del modelo con valores de parámetros fijos y datos

Una vez desarrollados los pasos anteriores y teniendo la especificación tanto del modelo como del algoritmo que se desarrollará para representar el problema en el tiempo, se llega a la etapa de simulación, en la cual se vislumbra la evolución de la red para valores de parámetros fijos. Esto es en el punto en que ya ha estimado los parámetros, y luego desea verificar nuevamente si las estadísticas utilizadas para la estimación tienen valores esperados muy cercanos a los observados, o desea calcular los valores esperados de otras estadísticas.

Los resultados indicarán cuáles son las estadísticas para las cuales se produjeron desviaciones (medidas por las estadísticas t) entre los valores simulados y observados. Permitiendo

regresar a la especificación del modelo y la corrección de parámetros. Y en caso contrario, el modelo simulado, permitirá ver el comportamiento de la red, los agentes y los lazos a través de las iteraciones repetidas.

Anexo E. Estimación de los valores de los parámetros mediante simulación estocástica

i. Se propone hipótesis de dependencia, que define contingencias entre las variables de red

Esta hipótesis mostrará los procesos sociales locales que se supone llegan a generar los lazos de la red. En este caso se pueden suponer independencia, dependencia diádica, homofilo, transitividad, etc. Entre cualquier par de agentes o definitivamente entre los agentes completos de la red.

ii. La hipótesis de dependencia implica una forma particular al modelo

A continuación se presentan los supuestos de dependencia, los cuales implican una clase particular de modelos a desarrollar. De esta forma cada parámetro corresponde a una configuración de la red, es decir, a un pequeño subconjunto de posibles vínculos de red. Estas configuraciones son vistas como las características estructurales de interés.

- Gráficos de Bernoulli

Las distribuciones aleatorias de gráficos de Bernoulli se generan cuando asumimos que los bordes son independientes. La suposición de dependencia es simple en este caso: todos los lazos distintos posibles son independientes entre sí. Recordando que las únicas configuraciones relevantes para el modelo son aquellas en las que todos los lazos posibles en la configuración dependen condicionalmente entre sí. En este caso, las únicas configuraciones posibles se relacionan con los bordes individuales, de manera que se genera el siguiente modelo, a partir de (1):

$$Pr(Y = y) = \left(\frac{1}{k}\right) \exp\{\sum_{i,j} \eta_{ij} Y_{ij}\} \dots\dots(1.1)$$

Este modelo en comparación con (1), este modelo comprende para cada conjunto de A, un solo borde posible en Y_{ij} , existiendo un parámetro η_{ij} para cada configuración. Por otra parte, la estadística de la red $g_A(y) = g_{ij}(y) = Y_{ij}$, indicando si esta configuración se observa o no. Ahora si imponemos una suposición de homogeneidad para cada que cada empate sea idéntico, entonces los parámetros $\eta_{ij} = \theta$ para todos los i, j .

$$Pr(Y = y) = \left(\frac{1}{k}\right) \exp\{\theta L(y)\} \dots\dots(1.2)$$

Donde $L(y) = \sum_{i,j} Y_{ij}$ es el número de arcos en la gráfica “y”, y el parámetro θ (parámetro de borde/densidad) está relacionado con la probabilidad de observar un empate.

- Modelos diádicos: la asunción de independencia diádica

Una suposición más para las redes dirigidas, es que los diádicos, son independientes entre sí. Con esta suposición de dependencia tenemos dos tipos de configuraciones en el modelo, aristas individuales y aristas recíprocas. Convirtiendo el modelo en:

$$Pr(Y = y) = \left(\frac{1}{k}\right) \exp\{\theta \sum_{i,j} Y_{ij} + \rho \sum_{i,j} Y_{ij} Y_{ji}\} = \left(\frac{1}{k}\right) \exp\{\theta L(y) + \rho M(y)\} \dots (1.3)$$

Donde $L(y)$ es el número de lazos en “y”, y $M(y) = \sum_{i,j} Y_{ij} Y_{ji}$ es el número de vínculos mutuos en “y”. Para el caso de las redes no dirigidas, los modelos de dependencia de Bernoulli y diádica son idénticos: en el caso de las redes no dirigidas, el parámetro de reciprocidad en Eq. (1.3) es irrelevante y el modelo se reduce al de Eq. (1.1).

- Gráficos aleatorios de Markov

Frank y Strauss (1986) introdujeron la dependencia de Markov, en la que se supone que un posible empate de i a j está supeditado a cualquier otro posible empate que implique i o j , incluso si se conoce el estado de todos los demás lazos en la red. Para este caso, encontramos que los dos lazos son condicionalmente dependientes, dados los valores de todos los demás lazos. De esta forma, la dependencia de Markov puede caracterizarse como la suposición de que dos posibles vínculos de red son condicionalmente dependientes cuando tienen un actor común. Si también asumimos la homogeneidad, obtenemos el modelo de gráfico aleatorio Markov con configuraciones (y parámetros asociados) para redes dirigidas y no dirigidas. Cabe señalar que las estadísticas del modelo Markov a menudo están relacionadas entre sí, en el sentido de que algunas son de orden superior para otras.

- Estructuras de dependencia con variables a nivel de nodo

Hay varias formas de introducir efectos de nivel de nodo (atributos de actor). Supongamos un vector X de variables de atributos binarios con $X_i = 1$ si el actor i tiene el

atributo y $X_i = 0$, de lo contrario. El vector x es entonces el conjunto de observaciones en X . Podemos investigar una hipótesis de similitud u homofilia como base para la selección social – que los lazos sociales tienden a desarrollarse entre agentes con los mismos atributos – mirando la distribución de los lazos dada la distribución de atributos:

$$Pr(Y = y | X = x)$$

Es decir, nuestro interés está en la probabilidad del gráfico y dadas las observaciones de los atributos x .

- Nuevas especificaciones del modelo

Una motivación adicional para introducir ajustes es que la dependencia de Markov parece poco realista para las grandes redes, donde los agentes individuales pueden ni siquiera ser conscientes el uno del otro, y no tienen medios para entrar en contacto, sin embargo, su posible empate todavía se toma para influir en otros posibles lazos. Si la hipótesis de la estructura de establecimiento está bien fundada, hay implicaciones para el tipo de datos que deben recopilarse para una comprensión completa de una red social.

Actualmente, existen muchas evidencias de que los modelos de gráficos aleatorios homogéneos de Markov no son buenos para representar muchas redes sociales observadas, de manera que no siempre son útiles. De acuerdo con Snijders, en estos modelos se introducen restricciones en los parámetros de la *k-estrella*, así como nuevas configuraciones de *k-triángulo* de orden superior que permiten la medición de regiones altamente agrupadas de la red donde dos individuos pueden estar conectados a un gran número de *k-otros* (un triángulo k).

iii. Simplificación de los parámetros a través de la homogeneidad u otras limitaciones

Para lograr la definición de un modelo, es necesario reducir el número de parámetros. En este caso, se pueden presentar relaciones entre parámetros que muestren los efectos de la red modelada.

Si consideramos que la Eq. (1) se refiere a diferentes configuraciones para conjuntos de nodos diferentes, tendríamos muchos parámetros, de forma general tendremos $\frac{n(n-1)}{2}$ parámetros relacionados con cada característica de interés dependiendo de los agentes. Encontrando de

esta forma que son demasiados parámetros y no permitirán que el modelo se pueda estimar a partir de una sola observación de red. Por esta razón, algunos parámetros deben establecerse en cero, equipararse o restringirse de otro modo. De acuerdo con Frank y Strauss (1986), a menudo se puede suponer homogeneidad mediante la equiparación de parámetros cuando se refieren al mismo tipo de configuración, de manera que los errores resultantes se asuman como ruido estadístico.

iv. Estimar e interpretar los parámetros del modelo

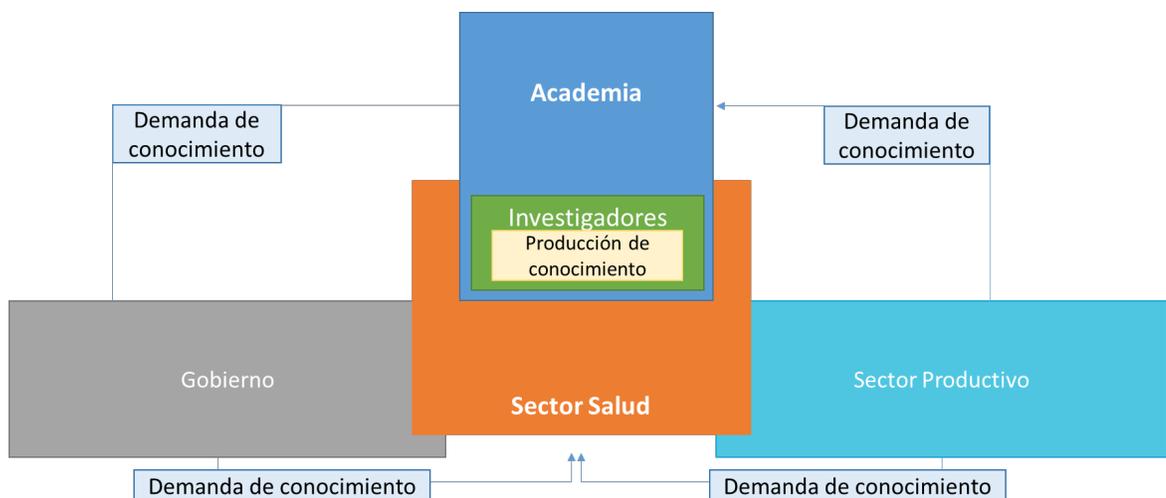
Una vez logrados los pasos anteriores y obtenidas las estimaciones de parámetros, así como las de la incertidumbre de estimación, de forma que se puede aprovechar el modelo desarrollado para explorar comportamientos de la red en cuanto a los resultados, inferencias de los parámetros, entre otras que permitan conocer tanto las limitaciones actuales del modelo como su grado de representación de la red social. Para los modelos de gráficos aleatorios de Markov, la estimación de probabilidad máxima estándar no es manejable para redes muy pequeñas, debido a las dificultades para calcular la constante de normalización en Eq. (1). Esto significa que no se pueden aplicar técnicas estadísticas estándar a estos modelos. Estos problemas han sido superados en los últimos tiempos por el desarrollo de nuevas técnicas de máxima verosimilitud de Monte Carlo.

Anexo F. Flujogramas por fase del proceso MoCBI desde la interacción de los agentes

En este anexo se presentan los diagramas de flujo realizados para cada fase del proceso MoCBI de acuerdo a las funciones realizadas por los agentes en el sistema. Después de realizar una revisión y análisis de los datos disponibles, se identificaron las funciones llevadas a cabo por cada agente en cada fase del proceso MoCBI, de manera que una vez identificadas todas las interacciones se realizó la integración de las mismas al proceso.

A continuación se presenta en la Figura F.1 el flujograma de las actividades y funciones realizadas por los agentes del sistema para la etapa de producción del conocimiento, en la cual encontramos mayor incidencia por parte de la Academia y el Sector Salud, ya que estos representan de acuerdo con los datos, los únicos agentes que cuentan con las capacidades de generación de conocimiento, además una la estructura e infraestructura capaz de impulsar el mismo. Además de resaltar las actividades de demanda del conocimiento que principalmente se generan desde el Gobierno y el Sector Productivo hacia los agentes generadores de conocimiento.

Figura F. 1 Flujograma MoCBI: Producción del conocimiento

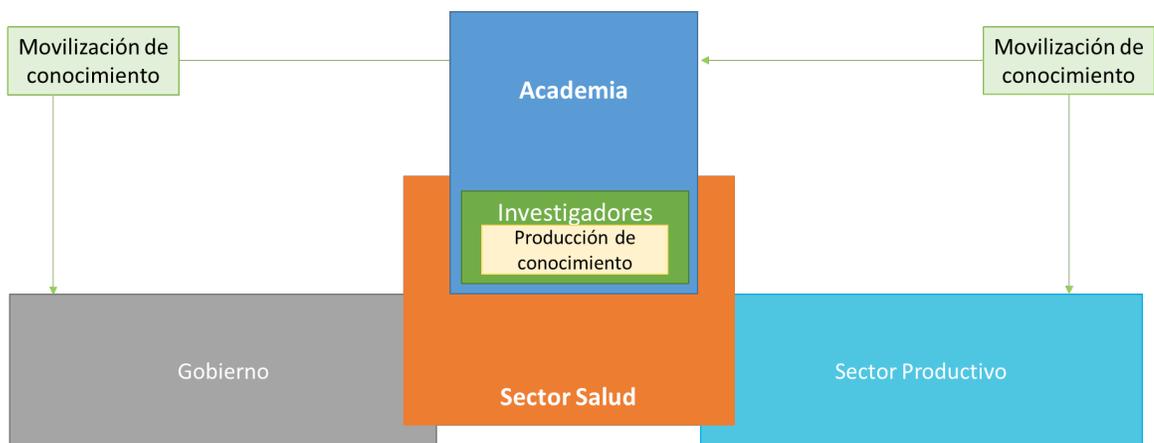


Fuente: Elaboración propia, realizada a partir del análisis de datos y con base en (Snijders et al., 2007, p. 12)

De forma semejante, se presenta en la Figura F. 2 el flujograma de las actividades y funciones realizadas por los agentes del sistema para la etapa de movilización del conocimiento. No obstante, en esta etapa, se muestra la generación de vínculos entre la Academia (por ende

internamente los investigadores) con los otros agentes del sistema, de manera que se puede observar de forma más clara la relación entre la generación y la movilización del conocimiento. Sin embargo, es indispensable mencionar que no se encuentra de forma directa una vinculación entre el gobierno y el sector productivo para las actividades de movilización de conocimiento, lo cual resulta congruente con la forma en la que funciona la economía del país, de manera que el Gobierno impulsa las actividades de innovación en cada uno de los sectores, pero de forma contraria el Sector Productivo busca principalmente su desarrollo.

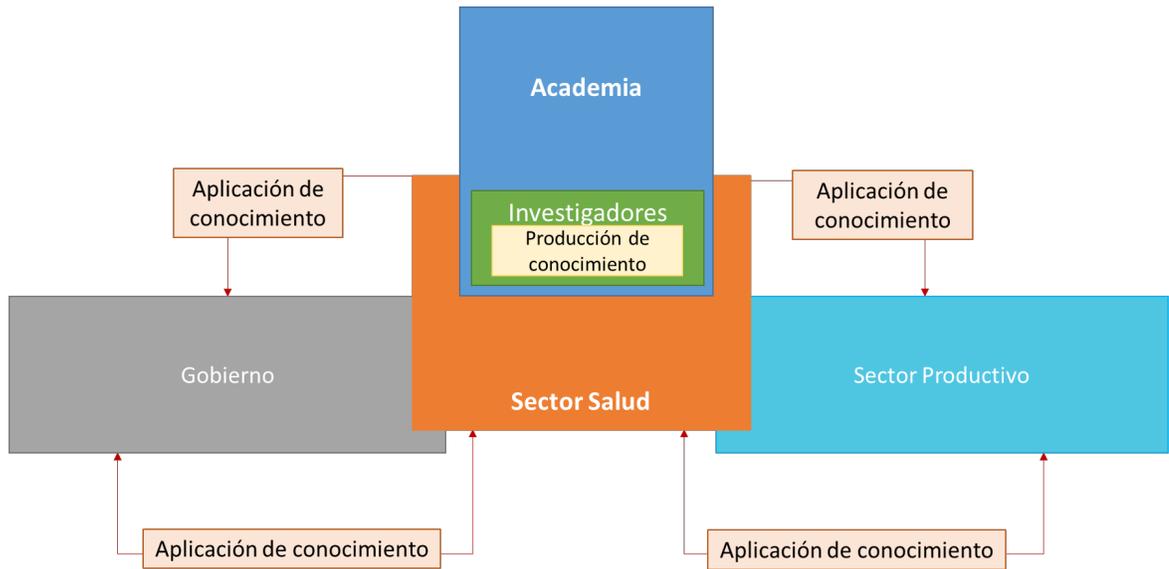
Figura F. 2 Flujo de conocimiento MoCBI: Movilización del conocimiento



Fuente: Elaboración propia, realizada a partir del análisis de datos y con base en (Snijders et al., 2007, p. 12)

De forma semejante, se presenta en la Figura F. 3 el flujograma de las actividades y funciones realizadas por los agentes del sistema para la etapa de aplicación del conocimiento. No obstante, en esta etapa, se muestra la generación de vínculos entre la Academia (por ende internamente los investigadores) con los otros agentes del sistema, de manera que se puede observar de forma más clara la relación entre la generación y la movilización del conocimiento. Sin embargo, es indispensable mencionar que no se encuentra de forma directa una vinculación entre el gobierno y el sector productivo para las actividades de movilización de conocimiento, lo cual resulta congruente con la forma en la que funciona la economía del país, de manera que el Gobierno impulsa las actividades de innovación en cada uno de los sectores, pero de forma contraria el Sector Productivo busca principalmente su desarrollo.

Figura F. 3 Flujo de conocimiento MoCBI: Aplicación del conocimiento



Fuente: Elaboración propia, realizada a partir del análisis de datos y con base en (Snijders et al., 2007, p. 12)

Anexo G. Matrices de relaciones entre agentes

En la Tabla G. 1 se muestra el desarrollo de las relaciones que se tienen entre agentes, considerando el planteamiento de la misma a partir del nodo principal, es decir, los investigadores. De esta forma, se realizó el cruce con la definición de Boschma (2005), en la cual encontramos las interacciones vistas desde cinco tipos de distancias principalmente, de manera que en una primera etapa al revisar y analizar los datos obtenidos en las fuentes de información se identificarán y clasificarán las características más representativas de estos vínculos entre agentes para cada etapa del proceso MoCBI. Además cabe mencionar, que se categorizó a los vínculos identificados como directos y flexibles, es decir, los que se encontraron dentro de las fuentes de información y los que se considera pueden ser obtenidos a partir de las mismas.

En la Tabla G. 2 se muestra el desarrollo de las funciones encontradas entre los agentes, así como las funciones determinadas con los usuarios y beneficiarios, desde la clasificación de los agentes como Academia, Sector Productivo y Gobierno. De esta forma y de acuerdo con el entendimiento de cohesión y diversidad propuesto en DARE (2019), se realizó el cruce entre los agentes que integran el sistema y los investigadores (considerados principales).

Tabla G. 2 Matriz de las funciones de los agentes

Matriz de las funciones agentes				
Tipo de Agentes	Agentes	Funciones requeridas (actividades)	Entrada/ Salida	Usuarios y Beneficiarios
Academia	Investigadores	Generación, movilización y aplicación de conocimiento	Estímulo a la generación de conocimiento por parte de CONACYT	Proveedores de servicios de salud y proveedores de desarrollos aplicados a la salud Beneficiarios del conocimiento generado y aplicado
	IES -CIDES	Actividades de vinculación entre sectores	Movilización de conocimiento generado y aplicación	
Sector Productivo	Institutos y ONG's	Desarrollar proyectos con enfoques en la mejora de la salud	Oferta de conocimiento para tratar problemas relevantes en México	
	Laboratorios	Desarrollar proyectos para tratamientos y técnica	Desarrollar nuevas técnicas y tratamiento para proveer la salud	
Gubernamentales	IMSS	Desarrollar proyectos con enfoques en la mejora de la salud	Necesidades y problemas actuales	
	ISSSTE		Brindar tratamiento y proveer de servicios de salud a la población	
	CONACYT- Hacedores de políticas	Proveer financiamiento para desarrollo de proyectos	Generar conocimiento aplicable para resolver problemas actuales en México	
Academia	Investigadores	Generación, movilización y aplicación de conocimiento	Incentivo por lograr mayor representatividad en el tema, desarrollar conocimiento útil y aplicable, movilizar conocimiento para bienestar de otros entornos	Proveedores de servicios de salud y proveedores de desarrollos aplicados a la salud Beneficiarios del conocimiento generado y aplicado
	IES -CIDES			
Sector Productivo	Asociaciones y ONG	Proveer financiamiento para desarrollo de proyectos e impulsar la generación y aplicación de conocimiento	Proveer financiamiento para desarrollo de proyectos	
	Editoriales	Proveer financiamiento para desarrollo de proyectos (generación y movilización del conocimiento)	Impulsar la generación, movilización y aplicación del conocimiento	
Gubernamentales	Institutos de salud	Impulsar el desarrollo de conocimiento para mejora de la salud	Necesidades y problemas actuales en la sociedad Logros y posicionamiento en cuanto al entorno de la salud	
Academia	Investigadores	Generación, movilización y aplicación de conocimiento	Difusión de resultados, desarrollo de proyectos de investigación y programas para aplicación de conocimiento	
	IES -CIDES	Actividades de vinculación entre sectores		
Sector Productivo	Empresas	Difusión, uso y aplicación del conocimiento	Difusión del conocimiento generado para su venta/ aplicación al mercado	
Gubernamentales	Sector público	Proveer financiamiento para desarrollo de proyectos e impulsar la generación y aplicación de conocimiento	Necesidades y problemas actuales Brindar tratamiento y proveer de servicios de salud a la población	
	Instituciones de salud- Hacedores de políticas	Impulsar el desarrollo, difusión y aplicación de conocimiento para mejora de la salud		

Fuente: Elaboración propia