

# Viable Model of the Mexican Innovation System

Mario Aguilar-Fernández\* , Citlalli Macías-Barreto 

*Instituto Politécnico Nacional. UPIICSA. SEPI. Iztacalco, Ciudad de México, México*



<https://doi.org/10.54139/revinguc.v29i1.88>

**Abstract.-** Undoubtedly, technological component is fundamental for countries' growth and development. The use of the theory of technology in all its dimensions, tangible and intangible, represents an opportunity for improvement for problematic situations such as economic, health, social and business that Mexico presents. It is evident that, technological development in México has not been enough to strengthen its population's welfare. This article presents a model's design based on Systemic Thinking (Viable Systems' Model) and national innovation and knowledge models, with the intention of being the basis for improving governance in Mexico in terms of technology. Through qualitative-descriptive and quantitative-correlational research, the proposed Viable Model of the Mexican Innovation System (MVSMI) aspires to the integration of five systems and the environment through communication, currently absent; as well as, the decentralization of the MVSMI and the cooperation between the five helix.

**Keywords:** Viable systems, national innovation systems, Mexico, technological innovation.

## Modelo Viable del Sistema Mexicano de Innovación

**Resumen.-** No hay duda que, el componente tecnológico es fundamental para el crecimiento y desarrollo de los países. El uso de la teoría de la tecnología en todas sus dimensiones, tangibles o intangibles, representa una oportunidad de mejora para situaciones problemáticas como las económicas, de salud, sociales y empresariales que México presenta. Los hechos demuestran que, el desarrollo tecnológico en México ha sido insuficiente para potenciar el bienestar de su población. En este artículo, se presenta el diseño de un modelo con base en el Pensamiento Sistémico (Modelo de Sistemas Viables) y los modelos nacionales de innovación y conocimiento con la intención de ser base de la mejora de la gobernanza en México, en términos de tecnología. Mediante investigación de tipo cualitativo-descriptivo, y cuantitativo-correlacional, el modelo viable del sistema mexicano de innovación (MVSMI) propuesto, aspira a la integración de cinco sistemas y el entorno a través de la comunicación, ausente actualmente; así como, la descentralización del MVSMI y la cooperación entre las cinco hélices.

**Palabras clave:** Sistemas viables, sistemas nacionales de innovación, México, innovación tecnológica.

Recibido: 27 de enero, 2022.

Aceptado: 25 de marzo, 2022.

### 1. Introducción

#### 1.1. Datos sobre ciencia y tecnología en México

A continuación, se describen algunos de los indicadores más representativos publicados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), en el Informe General del Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación [1]: El Gasto en Investigación Científica y Desarrollo Experimental en relación con el Producto Interno Bruto (GIDE/PIB), fue de 73,508 millones de

pesos en el 2018, representando el 0,31 % del PIB. Al respecto, se ha visto una caída sistemática desde 2014, año en que fue de 0,44 %. Por su parte, el Acervo de Recursos Humanos en Ciencia y Tecnología (ARHCyT), fue de 16,6 millones de personas en 2018, concentrados primordialmente en la Ciudad de México y Nuevo León. Está conformado por: 12,3 millones de Recursos Humanos Educados en Ciencia y Tecnología; Recursos Humanos Ocupados en Ciencia y Tecnología, donde no importa el nivel de estudios pero se ocupan en actividades de ciencia y tecnología; y 6,7 millones de Recursos Humanos Educados y Ocupados en Ciencia y Tecnología (RHCyTC), los cuales, son considerados básicos para el ARHCyT, ya que van desde el nivel técnico, hasta maestría y doctorado.

\* Autor para correspondencia:

Correo-e: maguilarfer@ipn.mx (M. Aguilar-Fernández)

Desde su fundación en 1984, el Sistema Nacional de Investigadores ha crecido en número. El último dato es del año 2018 e indica 28.633 investigadores, destacando en áreas de ciencias sociales y físico matemáticas. Entre los resultados de su producción científica y tecnológica se encuentran: *Las publicaciones de difusión científica*. En el 2018, México fue ubicado en el lugar 20, de 36 países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, por sus siglas en inglés), con una contribución mundial del 0,8 %, de la cual se registraron en *Clarivate Analytics*, en específico, en la colección principal de Web of Science (WoS), 16016 publicaciones científicas. *Patentes*. En 2018, fueron solicitadas 16,424 patentes, de las cuales, se concedieron 8921 (8464 a extranjeros y 457 a nacionales), presentando una disminución aproximada de 4 % promedio anual desde 2015. *La balanza de pagos tecnológica*. Desde el año 2010, se ha presentado un déficit con -568,66 millones de dólares en el 2010; y -272,08 en el 2018. *El comercio exterior de bienes de alta tecnología* registró un saldo en las exportaciones de, 2365,02 millones de dólares en 2018, en tanto que los Estados Unidos tuvo un saldo de 37491,37. *La innovación tecnológica*. En materia de inversión en Ciencia y Tecnología (CyT), generalmente, los objetivos no se cumplen. Ejemplo de ello, es lograr pasar de menos del 0,5 %, al 1 % del PIB [2].

### 1.2. Ciencia y tecnología en México desde el enfoque de los sistemas nacionales de innovación

Un esfuerzo por esbozar los componentes relacionados con la CyT en México, ha sido el enfoque de los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI). Al respecto, la principal aportación hecha es la de Dutrénit *et al.* [3]:

*Principales componentes e interacciones*. El sistema mexicano de innovación (SMI) es emergente, y se compone principalmente de: Organismos e instituciones gubernamentales, centros e institutos públicos de investigación, instituciones de educación superior, empresas, instituciones intermedias e instituciones financieras [3]. Sus interacciones presentan dos características centrales: Primera, el

sector productivo se encuentra altamente aislado, por lo que no existen vínculos importantes con instituciones financieras, IES [3], o empresas (vinculado con tan solo 8,2 %). Segundo: el 85 % de los productos y procesos hacia el mercado se han innovado por las empresas solitariamente, en este sentido, las IES sólo han colaborado con el 1,8 % de las empresas que dijeron haber innovado en procesos; y con el 2,6 %, en productos y servicios [4].

*Entradas y resultados*. Las dos grandes entradas al SMI son los recursos financieros (GIDE/PIB) y los humanos (ARHCyT), con dos importantes resultados, la producción científica y las patentes.

La evidencia sugiere que la situación problemática del SMI es que se encuentra incompleto. Éste presenta; carencias en recursos de personal, capital e infraestructura; deficiencias en su funcionamiento (involucramiento de los distintos agentes); fallas al desempeño de los mercados (limitado financiamiento a la innovación, incipiente masa crítica de recursos humanos en CyT, entre otros); fallas de regulaciones originadas en el gobierno (recursos escasos, falta de estímulos para que se lleven a cabo interacciones, entre otras); y fallas sistémicas (insuficiente provisión de infraestructura física, fallas institucionales, dispersión de recursos, escasa cooperación y trabajo en redes, lento aprendizaje y bajo desarrollo de capacidades, entre las más relevantes) [3, 5, 6]. Al respecto, algunos académicos sugieren enfocarse en los problemas sistémicos de los países en desarrollo, es decir, en las incapacidades de los sistemas para soportar la creación, absorción, retención, uso y diseminación de conocimiento económicamente útil [6, 7].

Por todo lo anterior, la tecnología y los sistemas de innovación en economías menos desarrolladas se consideran sistemas aún en formación, debido a que, en estos sistemas se presentan vínculos inter-sectoriales débiles, ausencia de unidades de interface, y las universidades se especializan en suministrar fuerza de trabajo [8]. Sin embargo, gradualmente, los sistemas de innovación emergentes pueden desarrollarse en un sistema de innovación maduro, puesto que es de esperarse que las empresas y otras organizaciones, tiendan

a desarrollar su capacidad de absorción y de aprendizaje, continuo e interactivo, con otras empresas, usuarios y universidades [9]. En este sentido, para los países con este tipo de sistemas de innovación es crucial identificar los elementos y las relaciones de los agentes, para ello se requiere de un análisis profundo, en particular, de los problemas de capacidades, redes e institucionales [10].

En las últimas décadas, se ha registrado una creciente preocupación por explicar el papel de la innovación tecnológica en México, dentro de la dinámica económica al nivel micro y macroeconómico. Principalmente, ha crecido el interés por entender el papel de los diferentes agentes que contribuyen al progreso tecnológico. A pesar de estos empeños, México está aún en el proceso de creación de la masa crítica de capacidades de investigación sobre estos temas, inclusive, todavía se tiene una débil base de conocimientos sobre los agentes y sus comportamientos, además de los retos para diseñar una política científica y tecnológica [3].

### 1.3. Marco conceptual

#### 1.3.1. Crecimiento económico y la función de producción

El crecimiento económico es uno de los factores más influyentes en los niveles de vida de una población. Entender lo que lo determina es fundamental para aumentar el estándar de vida, y así, reducir la pobreza de los países [11]. Economistas como Smith [12], Ricardo [13], y Malthus [14], en una primera etapa, y Ramsey [15], Young [16], Knight [17] y Schumpeter [18], más adelante, reportaron las bases del progreso o cambio tecnológico. Cronológicamente, Ramsey [15], proporciona el inicio de la teoría moderna del crecimiento. Domar [19], con el uso de funciones de producción keynesianas. Posteriormente, Solow [20] y Swan [21], con la función de producción neoclásica. En estos modelos, se presenta una predicción: si no se producen mejoras en la tecnología el crecimiento cesará. Cass [22], aporta la determinación endógena de la tasa de ahorro. Arrow [23], construye el mecanismo denominado, aprendizaje mediante la experiencia, relacionados con las difusiones de descubrimientos. Para

los años 80, con Romer [24] y Lucas [25], la investigación relacionada con el crecimiento económico experimenta un mayor auge con la teoría del crecimiento endógeno, donde aún no se visualizaban teorías de cambio tecnológico.

Todos concluyen que, mientras mejora la tecnología prevaleciente, aumenta la eficiencia del trabajo y del capital. Entonces, el crecimiento económico constante en el tiempo, es determinante para el bienestar económico de la población. Al respecto, las actuales propuestas de crecimiento argumentan que, el ahorro, el crecimiento de la población, y el progreso tecnológico en su conjunto, son el determinante del crecimiento económico, por lo tanto, mejorar el progreso tecnológico es la finalidad más trascendente de la política económica [26, 27].

#### 1.3.2. Innovación tecnológica y modelos nacionales

Las actividades de innovación han tomado diferentes formas en distintos periodos [28]. Tradicionalmente, el proceso de innovación tecnológica está formado por tres etapas: La invención de nuevos productos, la *innovación* o su introducción al mercado, y la *difusión*, que consiste en su dispersión en el mercado. Para llevar una invención a una innovación, una empresa combina diferentes tipos de conocimiento, capacidades, habilidades y recursos [29, 30]. En la literatura, uno de los enfoques más importantes de la innovación es el económico. Éste define la innovación desde tres componentes: su objeto, su dinámica, y los actores [18]. Distintas disciplinas parten de estos componentes para definir el concepto de innovación tecnológica [31] plasmado en las tres versiones del Manual de Oslo, el cual, ha definido a la innovación abarcando: Productos, procesos, servicios, mercado y organización [32].

El mundo de la innovación tecnológica, desde el punto de vista nacional, ha sido abundante. Algunos de los diversos enfoques e interpretaciones son: La economía de los servicios [33], el triángulo de Sabato [34], los determinantes de la ventaja competitiva nacional (Porter, 1990), los SNI [35, 36], el modelo triple Hélice [37], los clústeres industriales [38], (Porter, 1998), los

sistemas sociales de innovación y producción [39], la teoría de las profesiones [40], los sistemas de innovación para el desarrollo [41], los sistemas nacionales de aprendizaje, [42], la capacidad innovadora nacional [43](Porter, 2003), la creación de espacios adecuados para la innovación [44], los *knowledge intensive business services* [45, 46], los modelos sociales alternativos [47], el modo 1 y modo 2 de generación de conocimiento [48], los ambientes de investigación (centros de excelencia) [49], el modo 3 de generación de conocimiento [50, 51], la quintuple Hélice [52]. Otros modelos como, capacidad social [53, 54], capacidad de absorción [55], y capacidad tecnológica [56, 57], han sugerido centrarse en aspectos tecnológicos para el desarrollo. Y por último, otros puntos de vista de modelos territoriales de innovación son *milieu innovateur*, *industrial district*, *new industrial spaces*, *local production systems* y *learning region* [58].

### 1.3.3. Cibernética y el Modelo de los Sistemas Viables

La cibernética proviene de la palabra griega *kybernetes*, que significa “arte de la dirección”. Wiener[59] la define, en 1948, como el estudio del control y la comunicación en el animal y en la máquina, ésto con el apoyo de las aportaciones desde la ingeniería y la biología, de Ashby [60], y Cannon [61], fundamentalmente, con la teoría del control. Beer [62], define la cibernética organizacional como la “ciencia de la organización eficaz”, especificando los criterios que debe cumplir cualquier empresa para ser viable, siendo el punto inicial para poder describir el Modelo de Sistemas Viables (VSM, por sus siglas en inglés), con la finalidad de retar a los modelos de gestión tradicionales, a los cuales, consideró inadecuados para abordar las complejas situaciones que enfrentan los dirigentes.

El VSM está integrado por cinco sistemas en los cuales, Beer [63, 64, 65], utiliza la siguiente nomenclatura: *Implementación (S1)*, *coordinación (S2)*, *control operacional (S3)*, *desarrollo (S4)*, *política (S5)*, así como el *entorno (ameba)*. Estos sistemas son interdependientes en un sistema viable, y, en todo caso, es más exacto decir, que

el S1 es el más importante, y que los sistemas 2-5 facilitan su funcionamiento a favor del todo. Por lo tanto, los sistemas 2-5 están destinados a ser facilitadores del S1, ya que implementa el propósito de la organización, de acuerdo con la Figura 1.

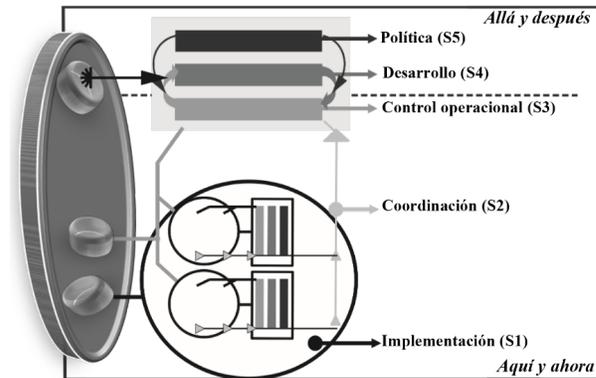


Figura 1: VSM. Elaboración propia con base en Beer [63, 64, 65].

## 2. Métodos

Para cumplir el objetivo de investigación de diseñar un modelo con base en el pensamiento sistémico y las propuestas nacionales de tecnología, innovación y conocimiento, con la intención de mejorar la gobernanza tecnológica en México, se planteó una investigación de un alcance descriptivo (por ser una propuesta de un modelo estructural) y correlacional (ya que describe relaciones causales de los componentes que forman parte del sistema tecnológico mexicano).

El diseño de la investigación se lleva a cabo con la propuesta de Creswell [66]. La metodología describe tres grandes momentos propuestos por Polonsky y Waller [67]: Teórico, metodológico y práctico. La descripción de la problemática se aborda con base en el método propuesto por Shannon [68]. El objetivo general es planteado en relación con los componentes de Pacheco y Cruz [69].

Se realiza una revisión tradicional de literatura con base en los métodos de Hart [70] y Jesson *et al.* [71], y los criterios de Walker [72]. La búsqueda de documentos científicos se realiza en el periodo de 1980 al 2021 en la base de datos

WoS. Se pone particular atención en los artículos publicados con relación al VSM y se efectúa una breve descripción de cada uno de ellos. La calidad de la información sobre el tema cumple el atributo de vigencia [73], al emplear la WoS como base de datos principal. Los resultados de la búsqueda para el caso de México sugieren que, los estudios sobre propuestas de modelos viables enfocados a la tecnología presentan una escasez importante, abriendo así oportunidades de mayor investigación.

En general, se acepta que hay cinco fases principales a considerar cuando se utiliza el VSM: La selección del método o métodos sistémicos con base en Jackson [74] empleando la Metodología de Sistemas de Sistemas (SOSM, por su siglas en inglés) [75], ubicar la identidad, analizar el despliegue de la complejidad, ejecutar el diagnóstico de la organización (incluyendo una matriz FODA) [76], y finalmente, diseñar la propuesta del Modelo Viable del Sistema Mexicano de Innovación (MVSMI).

### 3. Resultados

El MVSMI se basa en múltiples aportaciones prácticas y teóricas. Dentro de las teóricas, la más importante es la aplicación del VSM en el Gobierno Chileno. Y no menos importante, es la aplicación en el Gobierno Colombiano del proyecto SINA. Entre las teóricas están: El triángulo de Sábato, los determinantes de la competitividad nacional, los SNI, la triple hélice, los clústeres industriales, y la capacidad innovadora nacional. También desde lo teórico, las aportaciones, especialmente de los actores del sistema científico y tecnológico mexicano, de Dutrénit *et al.* [3] y Cimoli [77], y latinoamericano o países en desarrollo, están Lundvall *et al.* [78] y la OECD [36, 79].

#### 3.1. Selección de los métodos sistémicos

Mediante la selección de los métodos sistémicos con base en la SOSM [75], la situación problemática de la tecnología se caracteriza; de acuerdo con los participantes, como unitaria; y simple-compleja, en relación con la cantidad de variables que intervienen. De aquí la pertinencia del VSM, dada su naturaleza compleja-unitaria.

#### 3.2. Identidad del sistema

En esta etapa se logra un acuerdo sobre la identidad del MVSMI. Es en el S5 donde se expresa y representa dicha identidad. Para Beer [65], la primera fase se completa cuando se acuerda una *convención* sobre la naturaleza del sistema, sus límites y propósitos, es decir, entender la identidad organizacional, la cual se propone con base en el método causal de Garrity [80] y al modelo de Balzat y Hanusch [81], como: *asegurar (dar certidumbre) los flujos futuros de riqueza a los grupos de interés.*

#### 3.3. Despliegue de la complejidad

El presente apartado de la metodología del VSM implica *desplegar* la complejidad del sistema a través de diferentes niveles de recursividad, y decidir las actividades necesarias para que logre sus propósitos en cada uno de los niveles. En este sentido, son identificados tres niveles recursivos: 0, 1, y 2. El nivel de recursividad 0 muestra los componentes ambientales, educación, sociedad, economía y salud. La Infraestructura nacional de conocimiento, está integrada por el gobierno, las universidades y centros de investigación, además del sector productivo [3, 82, 35, 83, 84]. El nivel de recursividad 1 se compone por las fases del desarrollo tecnológico, es decir, la innovación y la difusión [83, 85, 86]. Fundamentalmente, en este nivel de recursividad reside el sistema relacionado con la situación problemática, denominado *system in focus*. En el nivel de recursividad 2 se experimenta un efecto combinado, en el que la esfera tecno-científica empuja [18], y la esfera del mercado jala [87] el desarrollo o cambio tecnológico, esto es una interacción entre la tecnología y el mercado, lo que hace posible la innovación tecnológica [88, 89]. A esto se agrega la aportación de los empresarios desde la destrucción creativa, como motor del desarrollo innovador [18, 90].

#### 3.4. Diagnóstico del sistema de ciencia y tecnología mexicano

En la Figura 2 se presenta el diagnóstico de la CyT en México, empleando el VSM, los actores e interrelaciones identificados tras

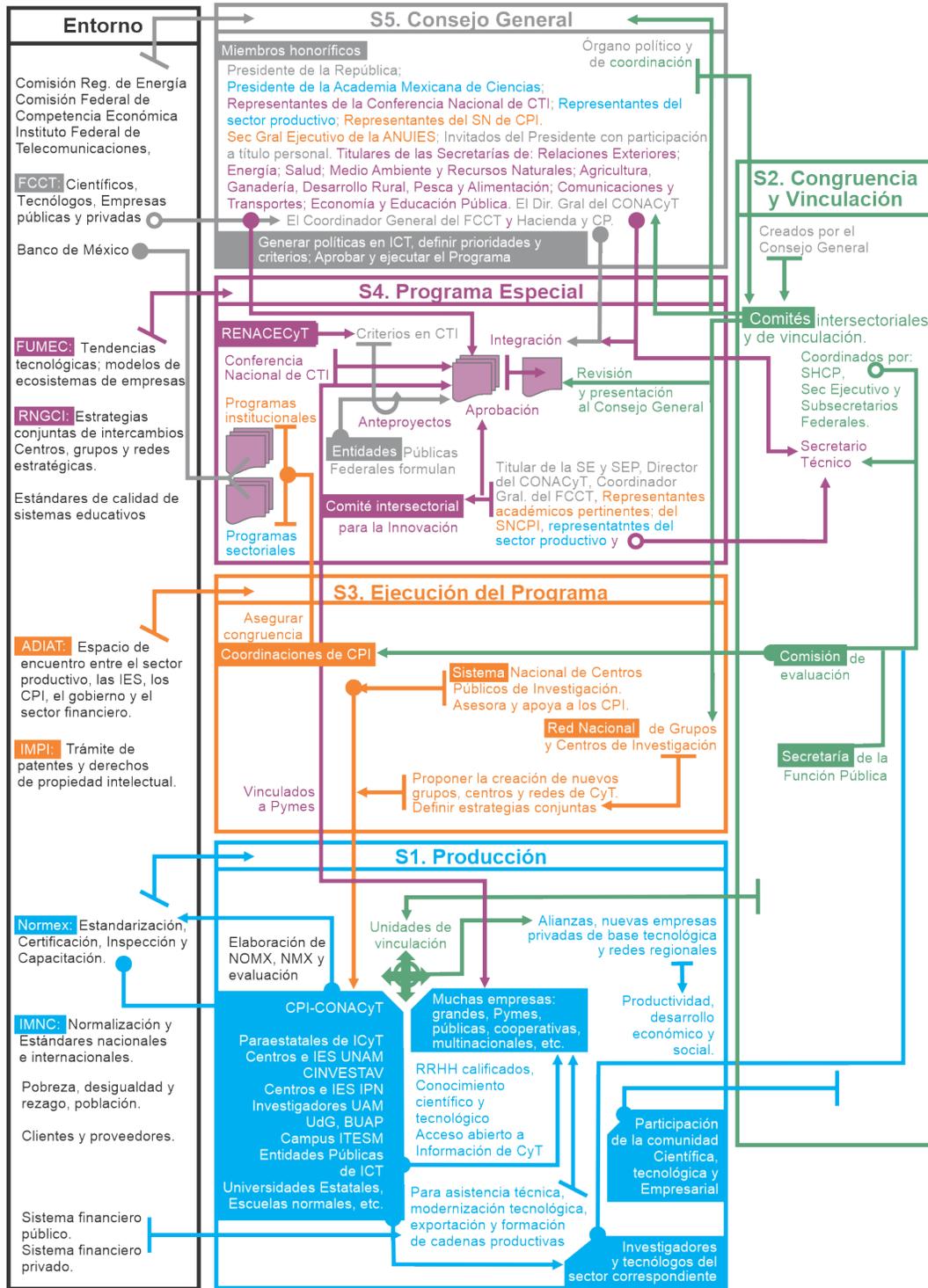


Figura 2: Ciencia y tecnología en México: modelo de diagnóstico de viabilidad sistémica: Política de dirección y sentido a largo plazo (S5, gris), integración de información y planeación estratégica al largo plazo (S4, morado), ejecución técnica, vinculación, abastecimiento y auditoría (S3, naranja), comunicación, alineación y regulación de funciones sistémicas (S2, verde), producción de valor social, científico, tecnológico y/o económico (S1, azul). Elaboración propia con base en [3, 78, 36, 63, 64, 65, 77, 79, 91].

la revisión de: Dutrénit *et al.* [3] y Cimoli [77]; latinoamericano o países en desarrollo, Lundvall *et al.* [78] y la OECD [36, 79]; así como en el texto vigente en México de la Ley de CyT [91]. En la Figura 2 se muestra el estado actual de los cinco subsistemas y su relación con el entorno. En términos generales, el resultado es una estructura burocrática que aún no desarrolla mecanismos de descentralización para detonar procesos de innovación. En consecuencia, las interrelaciones con los diversos actores gubernamentales resultan confusas, pues centralizan la autoridad en lugar de transferir responsabilidades al resto de los sistemas. Otro aspecto es la debilidad de los mecanismos de coordinación implementados, la cual radica en su distanciamiento del *S1* y su cercanía al *S5*. Un síntoma de la centralización es el *S3*, despoblado y con actividad escasa, pues funge más como eslabón de la distribución del control y la autoridad, que como un espacio creativo, dinámico y de suministro hacia el *S1*, con el cual tiene muy pocas interacciones que suelen ser verticales y unidireccionales.

### 3.5. Descripción del diseño del MVSMI

#### Descripción agregada

La propuesta del MVSMI se presenta primeramente de manera general y sintética, para contextualizar cada uno de los sistemas presentes en el modelo, como se muestra en la Figura 3.

#### Descripción desagregada

Debido a su extensión, enseguida se presenta la descripción desagregada para cada sistema, destacando las aportaciones de la presente propuesta como se muestra en las Figuras 4, 5, 6, 7, 8, 9 (al lector interesado en consultar el MVSMI en su versión completa, se sugiere visitar el enlace <https://bit.ly/3jLZ2aG>). Para facilitar su comprensión, se proporciona una descripción de los actores/componentes del MVSMI en las Tablas 1 y 2.

En la Figura 4 se presenta el *S5* del MVSMI, el cual se relaciona directamente con la hélice política de la innovación [52], representada por el Consejo General, máximo órgano en la toma de decisiones al largo plazo, en términos políticos y

de planeación estratégica. Éste se conforma por representantes de todos los actores involucrados en el sistema, y es responsable de generar el análisis prospectivo macroeconómico, con base en el cual, se formulan los lineamientos de CyT para el desarrollo social, y orientación de las acciones en el resto de los subsistemas. En esta propuesta, se reduce la injerencia de este órgano hacia el resto del sistema, con la finalidad de generar condiciones favorables para el flujo de acciones entre actores, y mejorar la capacidad de auto regulación.

El mecanismo ejecutor de la política a este nivel es la Comisión Interdisciplinaria para la Innovación, cuya función es revisar, y en su caso, aprobar, mejorar o rechazar, los anteproyectos regionales. Asimismo, se contempla la quinta hélice [52] relacionada con el medio ambiente y representada por los titulares de las secretarías federales pertinentes.

En la Figura 5 se presenta el *S4* del MVSMI, el cual se relaciona con la hélice de sociedad y cultura [52] al fomentar su participación en la planeación de anteproyectos mediante la RENACECyT, así como grupos sociales o comunidades pertinentes para la formulación de anteproyectos regionales acorde a los planes estatales de desarrollo y en cumplimiento de las regulaciones. Se plantea como un mecanismo de participación ciudadana con coordinación gubernamental, con problemáticas compartidas y de colaboración estratégica regional para enfrentar los problemas nacionales de manera conjunta y consecuente. De este modo, los anteproyectos regionales parten de los diagnósticos estatales para su definición, involucrando corresponsabilidad gobierno-sociedad civil, en el uso de recursos y la toma de decisiones, lo que representa un esfuerzo de inclusión.

En la Figura 6 se presenta el *S3* del MVSMI, el cual se propone como puente para pasar, de lo abstracto e indefinido, a lo más concreto y mejor determinado. Este subsistema cumple la función de asimilar las variables, condiciones y objetivos para generar proyectos factibles y claramente planteados para ser interpretados por todos los interesados, resultado de un proceso de síntesis de determinantes antagónicas y contradicciones

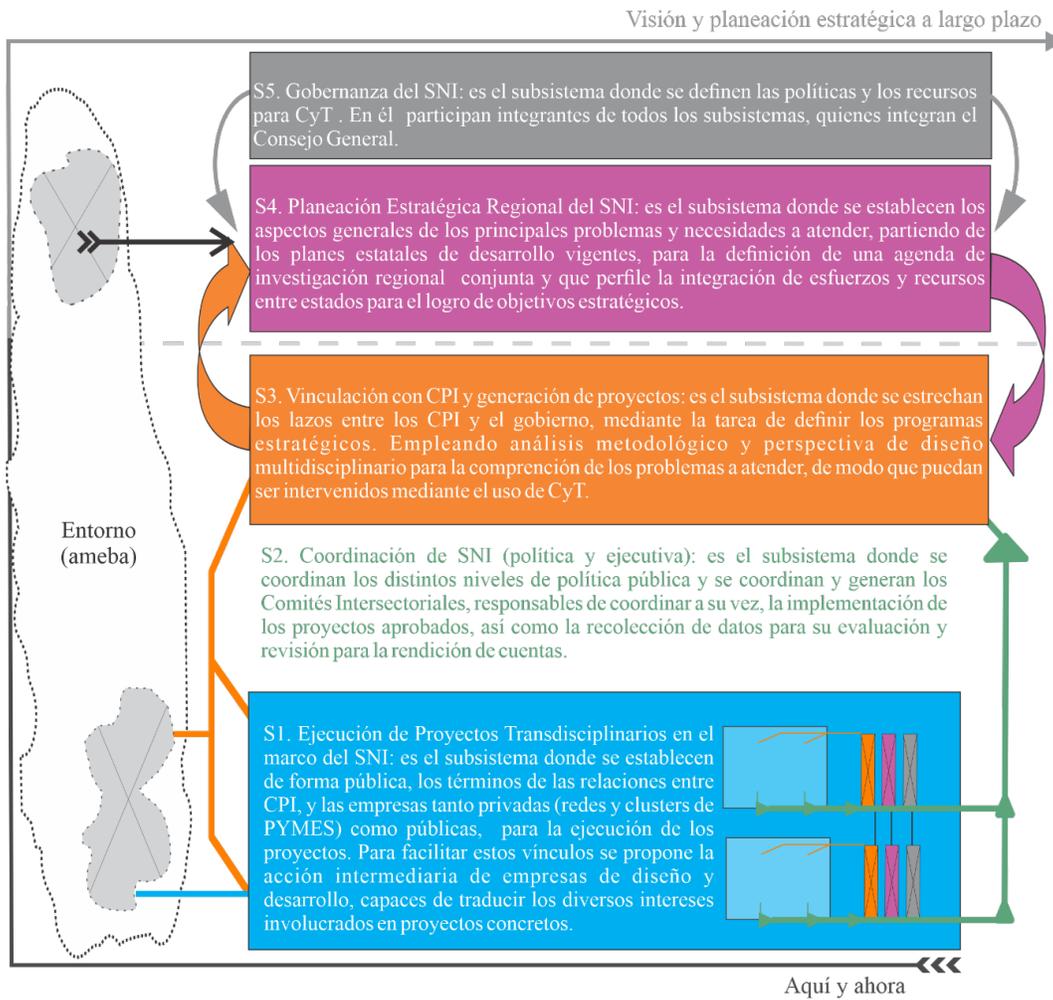


Figura 3: Descripción general de los cinco sistemas del MVSMI. Adaptación a partir de Beer [63, 64, 65].

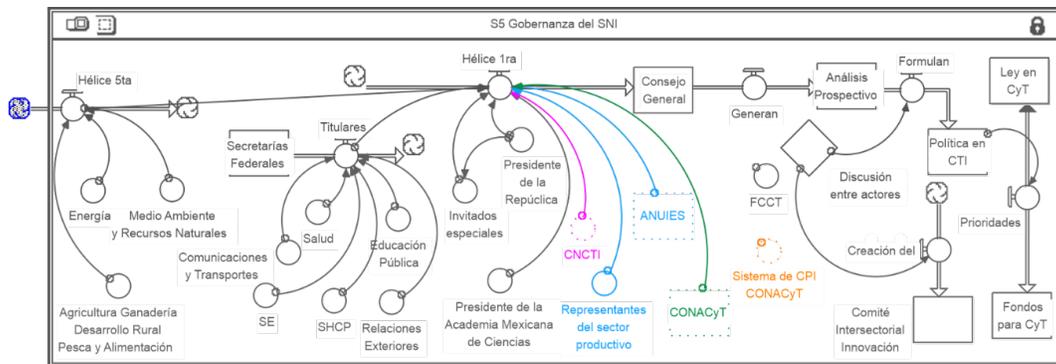


Figura 4: S5. Gobernanza del MVSMI. Elaborado con uso del programa *iThink*.

entre los intereses involucrados. Se emplea un pensamiento en diseño, integrado por un solo marco teórico, metodológico, y tecnológico, a fin a todas las disciplinas de diseño, otras ciencias y la situación política nacional. Para posteriormente, publicar convocatorias e incentivos directamente a

los IES, investigadores y de a los CPI.

En la Figura 7 se presenta el S2 del MVSMI, el cual cumple una función clave en la ejecución de los proyectos en los términos acordados entre actores, y en el marco de las políticas en CyT, al nivel local, estatal, y federal.

Tabla 1: Descripción general de los Actores/Componentes en el MVSMI.

Actor/Componente	Descripción
Agencias de Vinculación	Instituciones u organizaciones, públicas y privadas, que proveen información científica y tecnológica a las empresas, y facilitan la colaboración entre los distintos agentes: Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), El Centro de Investigación e Innovación en Tecnologías de la Información y Comunicación (INFOTEC), Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico (ADIAT) y Fundaciones Produce.
ANUIES	La Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior, tanto públicas como privadas, con presencia en todo el país. Asociación no gubernamental que agrupa a las principales IES del país con la finalidad de promover la mejora integral en docencia e investigación.
CNCTI	Instancias de gobernabilidad cuya finalidad es participar en la definición de políticas y programas de CyT, y refrendar el pacto federal generando acuerdos entre los estados.
COECyT's	Los Consejos Estatales de Ciencia y Tecnología son organismos públicos descentralizados de la administración pública estatal encargados de promover el desarrollo relacionado con la CyT.
Comité Intersectorial para la Innovación	Órgano ejecutivo del Consejo General.
Comités Intersectoriales y de Vinculación	Creados por el Consejo General por conducto del Comité Intersectorial para la Innovación, bajo la coordinación de un Secretario Técnico. Su finalidad es la de promover vínculos entre los actores del S1y coordinar la ejecución de los proyectos.
CONACyT	El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología es un organismo público descentralizado del Estado mexicano, con autonomía técnica, operativa y administrativa. Articula las políticas públicas del gobierno federal y promueve el desarrollo de CTI.
Consejo General	Máximo órgano de toma de decisiones en temas de CyT, conformado por diversidad de actores.
Coordinación de CPI's	Esquema del sistema de CPI conformado por cinco coordinaciones con la finalidad de transitar hacia una economía basada en el conocimiento.
Coordinación de Proyectos	Comité permanente para la planeación del conjunto de Comités Intersectoriales y de Vinculación, responsable de velar por la coherencia entre las políticas en CyT y los proyectos, conjuntamente con las políticas públicas en los tres niveles de gobierno.
FUMEC	La Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia. Organización no gubernamental de acuerdo binacional que impulsa políticas públicas para la innovación y la generación de talento especializado.
Hélice 1ra.	Gobierno. Representado por el Consejo General.
Hélice 2da.	Universidades y CPI's. Sistema de educación superior mexicano que se materializa en la generación de capital humano altamente calificado. Se identifican dos flujos de capital humano: Flujo A. Egresados de los IES que se integran a la actividad productiva; Flujo B. Producto de investigación y formación de investigadores. En este flujo opera el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC), así como, el Programa de Fortalecimiento Académico para Indígenas (PFAI).
Hélice 3ra.	Las empresas. PYMES dedicadas a la producción de bienes y servicios instaladas en el territorio nacional. Se presentan en tres flujos: Flujo A. Actividad de redes de PYMES dedicadas al mismo giro; Flujo B. Actividad de empresas productivas del estado y paraestatales y Flujo C. Actividad de PYMES instaladas en clusters por su cercanía territorial y dedicadas a industrias relacionadas con la actividad de las empresas productivas del estado y paraestatales.
RENACECyT	La Red Nacional de Consejos Estatales de Ciencia y Tecnología es una asociación civil de carácter permanente, conformada por los COECyT.
RNGCI	Red Nacional de Grupos y Centros de Investigación. Se refiere a los que no pertenecen al CONACyT pero que operan en el territorio nacional.
Secretaría de la Función Pública	Dependencia del Poder Ejecutivo Federal responsable de vigilar la función de los servidores públicos. Sanciona su incumplimiento y promueve procesos de control y fiscalización del gobierno federal, dirige y determina la política de compras públicas y audita el gasto de recursos federales.

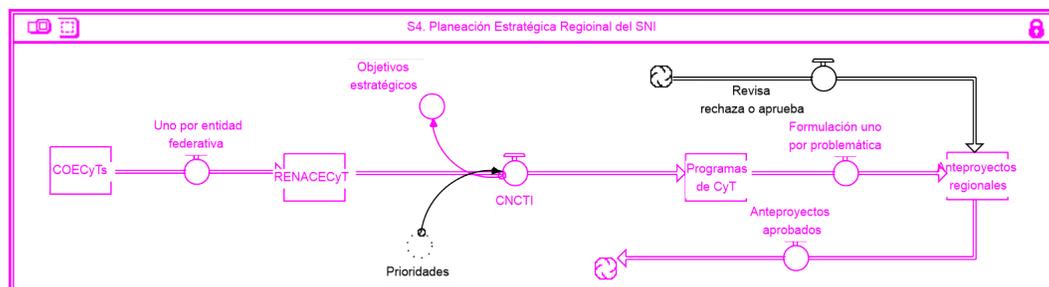


Figura 5: S4. Planeación Estratégica Regional del MVSMI. Elaborado con uso del programa *iThink*.

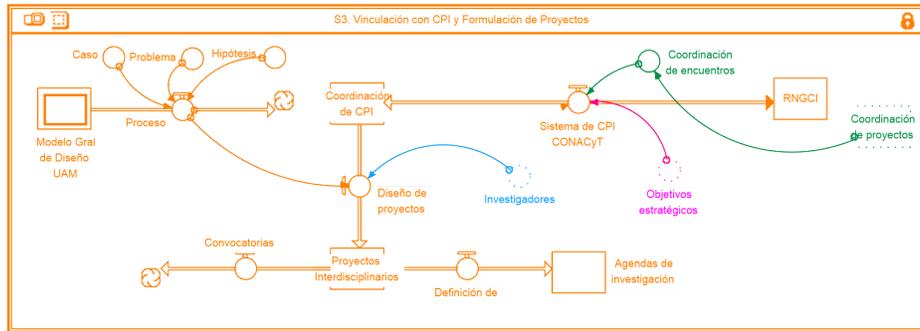


Figura 6: S3. Vinculación y Formulación de Proyectos del MVSMI. Elaborado con uso del programa *iThink*.

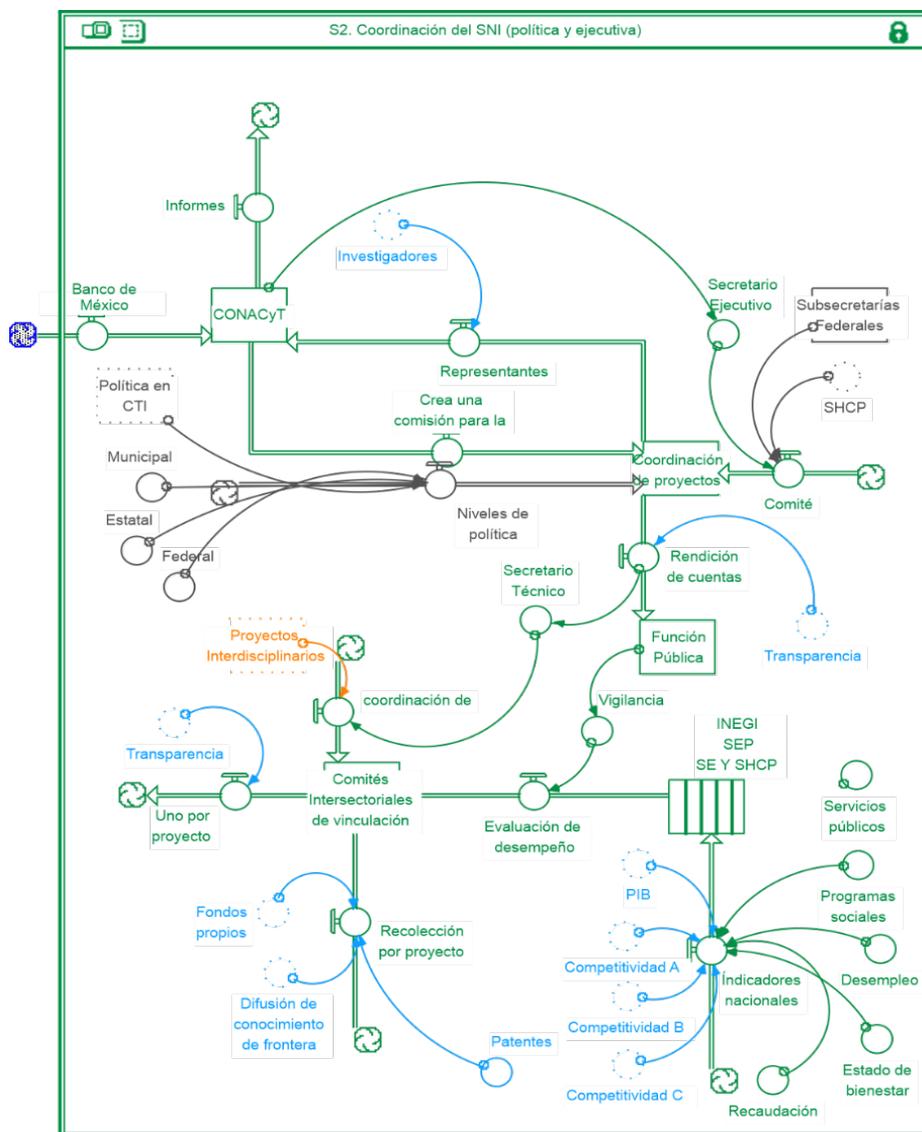


Figura 7: S2. Coordinación Política y Ejecutiva del MVSMI. Elaboración propia con apoyo del programa *iThink*.

Se propone más articulado que el actual, pues cuenta con su propio nivel político, estratégico, de auditoría, coordinación y producción [65]. Mediante la dirección del CONACyT se asimilan las políticas formuladas por el Consejo General para la planeación de la coordinación de la red de comités intersectoriales y sus respectivos fondos. Por su parte, cada Comité Intersectorial, con injerencia al nivel técnico y ejecutivo, es responsable de coordinar la vinculación y ejecución del proyecto en tiempo real, empleando los proyectos interdisciplinarios aprobados y sus fondos asignados, en función de los objetivos y cronogramas particulares. En este subsistema también se recuperan y procesan datos para la formulación de informes de rendición de cuentas de cada proyecto.

En la Figura 8 se presenta el *SI* del MVSMI, que es donde se produce el valor para el entorno, actividad a cargo de las empresas tanto públicas o privadas. Se compone de tres redes de actores interconectados: La red del sistema educativo y de investigación, la red del sistema productivo (hélice dos y tres, respectivamente) [52], y la red de organizaciones vinculantes. Aquí se genera capital humano altamente calificado, necesario para producir conocimiento relevante y útil. Se emplean proyectos debidamente planteados y delimitados para orientar los esfuerzos de investigación interdisciplinaria, e incentivar la formación de redes de investigadores, y aspirantes, para reducir el tiempo de investigación. Se distinguen dos niveles de esta hélice: Los proyectos vinculados a posgrado, de corto y mediano plazo; y los vinculados a los CPI, que pueden proyectarse al largo plazo.

En términos de vinculación con el sector empresarial, se considera una red de organismos e instituciones vinculantes al nivel microeconómico (sección naranja en la Figura 8), representado por las agencias de vinculación, cuya finalidad es, generar las condiciones para desencadenar procesos innovativos inclusivos, con la intervención del Comité Intersectorial correspondiente a cada proyecto. Las agencias de vinculación también median entre gobierno, sociedad, academia, y empresas; y paralelamente, con la banca de

desarrollo, tanto pública y como privada. Su intervención es temporal, con la finalidad de facilitar alianzas y garantizar la transparencia entre actores, para la generación de conocimiento público/privado, y en los casos en que fuese posible, impulsar la formación de nuevas Empresas de Base Tecnológica (EBT).

La hélice de sociedad civil y la cultura [52], también participan en este subsistema, con la finalidad de conocer las necesidades del mercado potencial, mediante mesas de trabajo, entrevistas, y diálogo con los beneficiarios para garantizar su participación en la toma de decisiones, implementación y adopción del cambio. Por su parte, la red empresarial, relacionada con la tercera hélice de la innovación [52], se orienta a vincular Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES) entre sí, a tres niveles. Esta sección se modela en multinivel, colocando al centro del subsistema productivo a las grandes empresas públicas nacionales orientadas a sectores estratégicos. Se proponen redes de PYMES para satisfacer la demanda de proveeduría y afines, mediante cadenas de valor, en torno a las grandes empresas federales.

## 4. Discusión

### 4.1. Interpretación de resultados

El MVSMI se describe como un conglomerado de instituciones, agrupadas o individuales, que contribuyen al diseño y difusión de nuevas tecnologías, y constituyen el marco dentro del cual, México crea y aplica políticas para influir en el proceso de innovación nacional. Desde este panorama, el desempeño innovador mexicano depende de la forma en que interactúan diariamente las instituciones entre sí en la creación y uso de conocimiento. El enfoque del MVSMI enfatiza que la comprensión de los vínculos entre los componentes es la clave para mejorar el rendimiento innovador de México. Bajo esta perspectiva, los elementos del MVSMI, están produciendo, distribuyendo y aplicando, distintos tipos de conocimiento, tangible e intangible.

Algunas de las fallas en el desenvolvimiento de la CyT en México son reveladas por el diagnóstico del VSM.

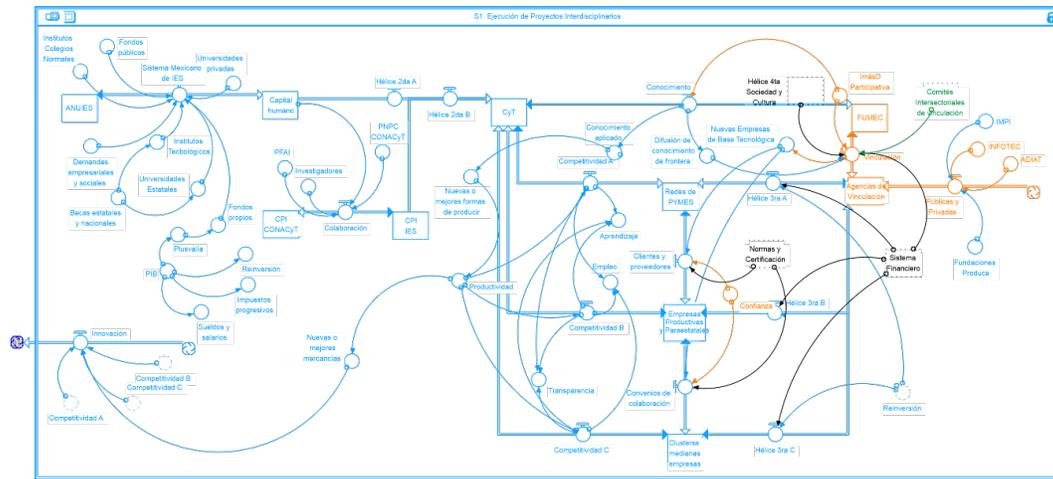


Figura 8: S1. Ejecución de Proyectos Interdisciplinarios del MVSMI. Elaboración con uso del programa *iThink*.

Tabla 2: Descripción general de los Actores/Componentes relacionados con el entorno del MVSMI.

Actor / Componente	Descripción
Hélice 5ta.	Medio Ambiente. En este componente se considera la influencia y acuerdos contraídos con organismos internacionales en tema de agenda de cambio climático.
Comisiones Regulatorias	Asesoran y vigilan que los derechos de los usuarios no sean afectados.
Hélice 4ta.	Sociedad y Cultura. Mecanismos de participación ciudadana en el diseño de anteproyectos de CyT.
Sistema Financiero	Compuesto por las instituciones de crédito, tanto públicas como privadas: Banca de desarrollo. Financiamiento con énfasis en áreas prioritarias para el desarrollo nacional: Nacional Financiera (NAFIN); Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS); Banco Nacional del Comercio Exterior (BANCOMEXT); Sociedad Hipotecaria Federal (SHF); Banco del Ahorro Nacional y Servicios Financieros (BANSEFI) y Banco Nacional del Ejército, Fuerza Aérea y Armada (BANJERCITO); Sector privado nacional y extranjero que otorga créditos personales y a empresas.
Normas y Certificación	Grupo de organismos que ofrecen servicios a las empresas para mejorar su capacidad de competir en mercados más desarrollados y formales, tales como: Instituto Mexicano de Normalización y Certificación (IMNC); Normatividad Mexicana (NORMEX) y Centro Nacional de Metrología (CENAM).

i. La identidad no está adecuadamente definida. Está representada externamente y diseminada

por todo el sistema.

- ii. Se observan errores al articular los diferentes niveles de recursividad, por ejemplo, elementos operativos cruciales para el buen desempeño se ocultan y no reciben la atención necesaria.
- iii. No es otorgada autonomía a los elementos del *S1* con los recursos adecuados.
- iv. No se aprecia una correcta gestión en el *S1*.
- v. Los sistemas 2, 3, 4, 5 que buscan volverse viables por derecho propio (autopoyesis patológica), conducen a la burocracia en lugar de servir a todo el sistema, promoviendo la implementación de las operaciones den el *S1*.
- vi. Los sistemas del 1 al 5 están ausentes o no funcionan correctamente, particularmente; el *S2* es demasiado débil, por lo que la coordinación se ve comprometida; el *S3* no asegura la cohesión entre los elementos del *S1*; el *S4* es demasiado débil, por lo que el *S5* se colapsa en el *S3* y se preocupa demasiado por los asuntos cotidianos; el *S5* no representa las cualidades esenciales de todo el sistema para los sistemas más amplios de los que forma parte.

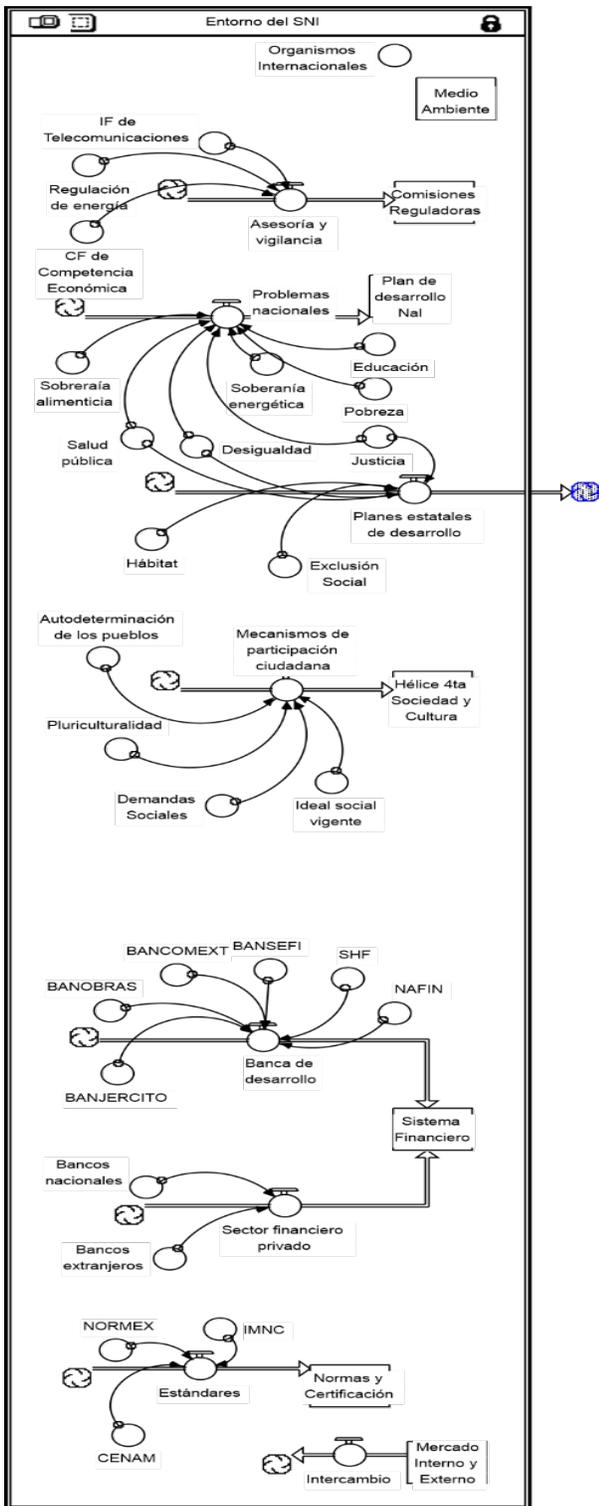


Figura 9: Entorno del MVSMI. Elaborado con uso del programa *iThink*.

vii. No se logra un equilibrio adecuado entre, el *S3* para la estabilidad, y las demandas del *S4* para el cambio.

viii. Los flujos de información no corresponden a los necesarios, es decir, existen bucles de retroalimentación no cerrados.

Cabe resaltar que el conjunto de prácticas, hábitos y conductas nocivas, desleales y corruptas son patrones de comportamiento a combatir sin tregua para el caso particular mexicano. Por este motivo, la transparencia, rendición de cuentas y declaración de conflicto de intereses, deben adoptarse como nueva cultura institucional por todos los actores participantes, sin excepción, y establecer obligaciones, consecuencias y responsabilidades, de manera clara y explícita, si es que se desea impulsar cambios significativos y de gran impacto social al nivel nacional.

#### 4.2. Comparación con otras investigaciones

Como fue descrito en el apartado de investigaciones previas, propuestas relacionadas con la aplicación del VSM al estudio de la CyT en México, difícilmente pudieron ser identificadas. Sin embargo, es posible comparar con aportaciones como los SNS, la triple hélice, los modos de producción de conocimiento 1 y 2, entre otros. En la Tabla 3 se marcan con X, los estratos: actores, sistemas y factores que se incluyen en cada propuesta comparada con el MVSMI. Por su parte, el MVSMI integra todas las dimensiones de las propuestas comparadas.

#### 4.3. Principales contribuciones

En la presente investigación se llevan a cabo dos fases de la propuesta de Jenkins [95]. El diagnóstico de la CyT en México, y el diseño de un MVSMI. Ambos con base en el VSM desarrollado por Beer [63, 64, 65]. Se propone un modelo de innovación tecnológica para México, que en lo teórico, es viable, presentado en las Figuras 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, integralmente.

Este trabajo es uno de los primeros que utiliza la Dinámica de Sistemas, y que estudia las interacciones entre los elementos estructurales de la CyT en México, junto con el VSM. Con esta propuesta, se aspira a lograr la integración de los actores que participan en el SMI a través de la función de coordinación (comunicación) del *S2*, ausente

Tabla 3: Comparación entre investigaciones similares y el MVSMI

Estrato/variable		NIS	Triple y Quintuple Hélice	Modos de producción de conocimiento 1 y 2	Capacidad Innovadora Nacional	Clústeres	Determinantes de la Ventaja Competitiva Nacional	MVSMI
Actores	Gobierno	X	X	-	-	X	X	X (S5)
	Universidades	X	X	X	X	X	X	X (S1, S4)
	Centros de investigación	X	X	-	-	X	X	X (S1)
	Sectores industriales (EBT)	-	-	-	X	X	X	X (S1)
	Sociedad	-	X	-	-	-	-	X (S1, S4, S5)
	Cuidado del medio ambiente	-	X	-	-	-	-	X (S4)
Sistemas	Entorno	-	-	-	-	-	X	Ameba
	Comunicación	-	-	-	-	-	-	X (S2)
	Control y Auditoría	-	-	-	-	-	-	X (S3)
Factores	Geografía	-	-	-	-	X	-	-
	Conocimiento (flujos)	-	-	X	X	-	-	X (S1, S2, S3, S4, S5)
	Mercado	-	-	-	-	-	X	Ameba
	Infraestructura nacional (carreteras, aeropuertos, tecnologías de comunicaciones, entre otros)	-	-	-	-	-	X	Ameba

actualmente. Asimismo, descentralizar la toma de decisiones del Consejo General (S1) para favorecer la autoregulación y coordinación de acciones. De este modo, el MVSMI enfatiza la cooperación entre las cinco hélices: el medio ambiente (entorno), los sectores industriales, la academia, los distintos niveles de gobierno y la sociedad civil implicada en el desarrollo tecnológico. Empero, la ausencia de políticas gubernamentales macroeconómicas y ordenamientos jurídicos y financieros son importantes limitaciones del MVSMI propuesto.

El VSM es una herramienta adecuada para hacer frente a la complejidad estructural y funcional de los procesos de innovación en México. Además, si se integran las disciplinas de la simulación, la teoría de la dinámica no lineal y de control de retroalimentación, se proporciona una herramienta, estructural y experimental, para

validar la eficiencia de políticas alternativas a la innovación, y escenarios tanto de forma individual, como integral.

La propuesta del MVSMI, puede generar innovaciones derivadas de las acciones entre los actores involucrados. A través de estas interacciones, coevolucionan las tecnologías, los mercados, los sectores industriales, y las instituciones públicas y privadas.

#### 4.4. Nuevas necesidades de investigación

Son sugeridas nuevas investigaciones en relación con lo teórico, lo metodológico y lo práctico [92]. En lo teórico, la integración del enfoque de los fractales de Mandelbrot [93], y lo planteado por Hoverstadt [94], con la finalidad de reforzar el concepto de recursividad. En lo metodológico, una perspectiva complementaria al VSM, básicamente

en el sistema 5, es la de Team Syntegrity, también desarrollada por Beer [95] para reforzar una toma de decisiones más democrática por medio de un conjunto de protocolos que soporten la estructura organizacional no jerárquica, participativa, y un efectivo proceso de toma de decisiones en un grupo de personas. En lo práctico y metodológico, una opción también sería el uso de la metodología Viplan de Espejo y Reyes [7], para ayudar a alinear y potenciar los esfuerzos de los participantes, y así facilitar la viabilidad organizacional.

Espinosa y Walker [96], han propuesto la “Metodología para apoyar la auto-organización”, con muchos ejemplos del uso de esta metodología en proyectos gubernamentales con empresas, cooperativas de trabajadores, una eco-comunidad irlandesa y pueblos indígenas [97]. También, formará parte de las aplicaciones futuras, con la intención de robustecer la propuesta del MVSMI.

En relación con la propuesta de Jenkins [98], queda pendiente la fase de implementación y operación (mejora o retroalimentación). Para ambas fases serán considerados arquetipos con mayor detalle, los “puntos de diagnóstico” de Beer [99], las “amenazas comunes a la viabilidad” de Jackson [75], los “arquetipos” de Espejo [100] descubiertos en Colombia, los “arquetipos patológicos” de Hoverstadt [94], y por último, los “arquetipos organizacionales” de Espinosa y Walker [96].

## Agradecimientos

Agradecemos las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo, al Instituto Politécnico Nacional, a la Secretaría de Investigación y Posgrado, a la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas (UPIICSA), a la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco (ESIMEZ), a la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación (SEPI), y al Programa de Estímulo al Desempeño Docente (PEDD del IPN).

## 5. Referencias

- [1] CONACYT, “El Informe General del Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación (IGECTI) 2018,” Gobierno de México, México, CDMX, Informe General, 2018.
- [2] L. Corona, “Innovación y Difusión: Un Binomio Necesario para la Competitividad,” en *Políticas de Educación, Ciencia, Tecnología y Competitividad*, 1era. ed., J. L. Calva, Ed. México: Consejo Nacional de Universitarios, 2012.
- [3] G. Dutrénit, M. Capdevielle, J. Corona, M. Puchet, F. Santiago, y A. Vera-Cruz, *El Sistema Nacional de Innovación Mexicano: Instituciones, Políticas, Desempeño y Desafíos*, 1era. ed. México: UAM-X, 2010.
- [4] Foro Consultivo Científico y Tecnológico, *Propuestas para Contribuir al Diseño del PECiTI 2012 -2037*. México: FCCyT, 2013.
- [5] Foro Consultivo Científico y Tecnológico, *Diagnóstico de la Política Científica, Tecnológica y de Fomento a la Innovación en México (2000-2006)*. México: FCCyT, 2013.
- [6] R. K. Woolthuisa, M. Lankhuizenb, and V. Gilsing, “A System Failure Framework for Innovation Policy Design,” *Technovation*, vol. 25, no. 6, pp. 609–619, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2003.11.002>
- [7] R. Espejo and A. Reyes, *Organizational Systems: Managing Complexity with the Viable System*. Berlín, Alemania: Springer, 2014.
- [8] C. Chaminade and J. Vang, “Globalization of Knowledge Production and Regional Innovation Policy: Supporting Specialized Hubs in Developing Countries,” *Research Policy*, vol. 37, no. 10, pp. 1684–1697, 2008.
- [9] R. Galli and M. Teubal, “Paradigmatic Shifts in National Innovation Systems,” in *Systems of Innovation, Technologies, Institutions and Organizations*, 1st ed., C. Edsquist, Ed. Routledge: ed UK, 2007.
- [10] R. Cozzens, S. E. / Kaplinsky, “Innovation, Poverty and Inequality: Cause, Coincidence, or Co-evolution?” in *Handbook of Innovation Systems and Developing Countries Building Domestic Capabilities in Global Setting*, 1st ed., B.-A. Lundvall, K. J. Joseph, C. Chaminade, and J. Vang, Eds. UK: Edward Elgar Publishing Limited, 2007.
- [11] R. J. Barro y X. Sala-i Martin, *Crecimiento Económico*. España: Editorial Reverté, 2009.
- [12] A. Smith, *La Riqueza de las Naciones*. España: Economía Alianza Editorial, 2008.
- [13] D. Ricardo, *From the Principles of Political Economy and Taxation*, 1st ed. Dover Publications, 2004.
- [14] T. Malthus, *Principios de Economía Política*, 1era. ed. México: FCE, 1946.
- [15] F. Ramsey, “A Mathematical Theory of Saving,” *The Economic Journal*, vol. 38, no. 152, pp. 543–559, 2000. <https://doi.org/10.2307/2224098>
- [16] A. A. Young, “Increasing Returns and Economic Progress,” *The Economic Journal*, vol. 38, no. 152,

- pp. 527–542, 2000. <https://doi.org/10.2307/2224097>
- [17] F. Knight, “Diminishing Returns from Investment,” *Journal of Political Economy*, vol. 52, no. 152, pp. 26–47, 2000. <https://doi.org/10.1086/256134>
- [18] J. A. Schumpeter, *Teoría del Desarrollo Económico*, 2da. ed. México: FCE, 1997.
- [19] E. Domar, “Capital Expansion, Rate of Growth, and Economic Employment,” *Econometrica*, vol. 14, no. 2, pp. 137–147, 1946. <https://doi.org/10.2307/1905364>
- [20] R. Solow, “A Contribution to the Theory of Economic Growth,” *Quarterly Journal of Economics*, vol. 70, no. 1, pp. 65–94, 1946. <https://doi.org/10.2307/1884513>
- [21] T. Swan, “Economic Growth and Capital Accumulation,” *Quarterly Journal of Economics*, vol. 32, no. 2, pp. 334–361, 1956. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4932.1956.tb00434.x>
- [22] D. Cass, “Optimum Growth in an Aggregative Model of Capital Accumulation,” *The Review of Economic Studies*, vol. 32, no. 3, pp. 233–240, 1956. <https://doi.org/10.2307/2295827>
- [23] K. J. Arrow, “The Economic Implications of Learning by Doing,” *The Review of Economic Studies*, vol. 29, no. 3, pp. 155–173, 1962. <https://doi.org/10.2307/2295827>
- [24] P. Romer, “Increasing Returns and Long-Run Growth,” *Journal of Political Economy*, vol. 94, no. 3, pp. 1002–1037, 1986. <https://doi.org/10.1086/261420>
- [25] R. E. Lucas, “On the Mechanics of Economic Development,” *Journal of Monetary Economics*, vol. 22, no. 1, pp. 3–42, 1988. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90168-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7)
- [26] G. Mankiw, *Macroeconomía*, 6ta. ed. España: Antoni Bosch, 2006.
- [27] P. Krugman, *¡Detengamos la Crisis Ya!*, 1era. ed. México: Crítica, 2012.
- [28] F. Castellacci, S. Grodal, S. Mendonca, and M. Wibe, “Advances and Challenges in Innovation Studies,” *Journal of Economic Issues*, vol. 39, no. 1, pp. 91–121, 2005. <https://doi.org/10.1080/00213624.2005.11506782>
- [29] J. Fagerberg, D. Mowery, and R. Nelson, *The Oxford Handbook of Innovation*, 1 ed. USA: Oxford University Press, 2012. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199286805.001.0001>
- [30] F. H. Maier, “New Product Diffusion Models in Innovation Management—a system dynamics perspective,” *System Dynamics Review*, vol. 14, no. 4, pp. 285–308, 1998. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1727\(199824\)14:4<285::AID-SDR153>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1727(199824)14:4<285::AID-SDR153>3.0.CO;2-F)
- [31] L. Corona, *Innovación ante la Sociedad del Conocimiento. Disciplinas y Enfoques*, 1era. ed. México: UNAM & Plaza y Valdes Editores, 2010.
- [32] Organización de Cooperación y Desarrollo Económico, *European Commission, and Eurostat, Manual de Oslo. Guía para la Recogida e Interpretación de Datos Sobre Innovación*, 3era. ed. Francia: OECD, 2006. <https://doi.org/10.1787/9789264065659-es>
- [33] R. Barras, “Towards a Theory of Innovation in Services,” *Research Policy*, vol. 15, no. 4, pp. 161–173, 1986. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(86\)90012-0](https://doi.org/10.1016/0048-7333(86)90012-0)
- [34] J. A. Sabato y N. Botana, “La Ciencia y la Tecnología en el Desarrollo Futuro de América Latina,” in *El Pensamiento Latinoamericano en la Problemática Ciencia-Tecnología-Desarrollo-Dependencia*, 1era. ed., J. A. Sabato, Ed. Argentina: Colección Placted-Ediciones Biblioteca Nacional, 2011.
- [35] B.-A. Lundvall, *National Systems of Innovation: Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning*, 1st ed. USA: Anthem Press, 2010. <https://doi.org/10.7135/UPO9781843318903>
- [36] Organization for Economic Cooperation and Development, *Managing National Innovation Systems*. París: OECD, 1999. <https://doi.org/10.1787/9789264189416-en>
- [37] L. Leydesdorff and H. Etzkowitz, “Emergence of Triple Helix of University-Industry-Government Relations,” *Science and Public Policy*, vol. 23, pp. 279–286, 1986. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3858-8\\_452](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3858-8_452)
- [38] M. E. Porter, *Ser Competitivo*, 1era. ed. España: Ediciones Deusto, 1999. <https://doi.org/10.1787/9789264189416-en>
- [39] B. Amable and P. Pascal, “The Diversity of Social Systems of Innovation and Production During the 1990s,” in *Nelson and Winter DRUID Summer Conference*, Aalborg, Denmark, 2001.
- [40] S. Brint, “Professionals and the “Knowledge Economy”: Rethinking the Theory of Postindustrial Society,” *Current Sociology*, vol. 49, no. 4, pp. 101–132, 2001. <https://doi.org/10.1177/0011392101049004007>
- [41] C. Edquist, *Systems of Innovation for Development (SID)*. Investment Promotion and Institutional Capacity-Building Division/Industrial Policies and Research Branch/United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), 2001.
- [42] E. B. Viotti, “National Learning Systems: A New Approach on Technical Change in Late Industrializing Economies and Evidences from the Cases of Brazil and South Korea,” *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 69, no. 7, pp. 653–680, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(01\)00167-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(01)00167-6)
- [43] M. E. P. Jeffrey, L. Furman, and S. Stern, “The Determinants of National Innovative Capacity,” *Research Policy*, vol. 31, no. 6, pp. 899–933, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00152-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00152-4)
- [44] H. Etzkowitz, “The Triple Helix of University-Industry- Government Implications for Policy and Evaluation,” in *Working Paper*. Sister, 2001, no. 11.
- [45] E. Muller and A. Zenker, “Business Service as Actors

- of Knowledge Transformation: The Role of KIBS in Regional and National Innovation Systems,” *Research Policy*, vol. 30, no. 9, pp. 1501–1516, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00164-0](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00164-0)
- [46] I. Milles, “Services Innovation: Coming of Age in the Knowledge-Based Economy,” *International Journal of Innovation Management*, vol. 4, no. 9, pp. 371–389, 2000. <https://doi.org/10.1142/S1363919600000202>
- [47] A. Lam, “Alternative Societal Models of Learning and innovation in the Knowledge Economy,” *International Social Science Journal*, vol. 54, no. 171, pp. 67–82, 2002. <https://doi.org/10.1111/1468-2451.00360>
- [48] M. Gibbons, “Competition Processes and the Management of Innovation,” *Prometheus*, vol. 21, no. 4, pp. 449–465, 2003. <https://doi.org/10.1080/0810902032000144655>
- [49] E. K. Graversen, S. E. K. Zidou, and L. Kamma, “Dynamic Research Environments: a development model,” *International Journal Of Human Resource Management*, vol. 16, no. 8, pp. 1498–1511, 2005. <https://doi.org/10.1080/09585190500220754>
- [50] E. G. Carayannis and D. F. J. Campbell, *Mode 3 Knowledge Production in Quadruple Helix Innovation Systems. 21st-Century Democracy, Innovation, and Entrepreneurship for Development*. New York: Springer, 2012. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2062-0>
- [51] E. G. Carayannis and D. F. J. Campbell, “Mode 3 Knowledge Production in Quadruple Helix Innovation Systems: Quintuple Helix and Social Ecology,” in *Encyclopedia of Creativity, Invention, Innovation and Entrepreneurship*, E. G. Carayannis, Ed. New York, NY: Springer New York, 2013. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3858-8\\_310](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3858-8_310)
- [52] E. G. Carayannis, T. D. Barth, and D. F. J. Campbell, “The Quintuple Helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation,” *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, vol. 1, no. 8, p. 2, 2005. <https://doi.org/10.1186/2192-5372-1-2>
- [53] K. Ohkawa and H. Rosovsky, *Japanese Economic Growth: Trend Acceleration in the Twentieth Century (Studies of Economic Growth in Industrialized Countries)*, 1st ed. USA: Stanford University Press, 1974. <https://doi.org/10.1515/9781503622746>
- [54] M. Abramovitz, “Catching Up, Forging Ahead, and Falling Behind,” *The Journal of Economic History*, vol. 46, no. 2, pp. 385–406, 1986. <https://doi.org/10.1017/S0022050700046209>
- [55] W. M. Cohen and D. A. Levinthal, “Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation,” *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, no. 1, pp. 128–152, 1990. <https://doi.org/10.2307/2393553>
- [56] L. Kim, “Stages of Development of Industrial Technology in a Developing Country: A Model,” *Research Policy*, vol. 9, no. 1, pp. 254–277, 1980. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(80\)90003-7](https://doi.org/10.1016/0048-7333(80)90003-7)
- [57] L. Kim, *Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea’s Technological Learning*, 1st ed. USA: Harvard Business Review Press, 1997.
- [58] J. Fagerberg, D. C. Mowery, and R. R. Nelson, *The Oxford Handbook of Innovation USA*. USA: Oxford University Press, 2006. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199286805.001.0001>
- [59] N. Wiener, *Cybernetics: Or the Control and Communication in the Animal and the Machine*, 2nd ed. Cambridge, USA: Martino Fine Books.
- [60] W. R. Ashby, *An Introduction to Cybernetics*. NY, USA: Martino Fine Books, 2015.
- [61] W. B. Cannon, *The Wisdom of the Body*. NY, USA: W. W. Norton & Company, 1963.
- [62] S. Beer, *Platform for change*. Chichester, UK: Wiley, 1975.
- [63] S. Beer, *The heart of enterprise*. Chichester, UK: Wiley, 1979.
- [64] S. Beer, *Brain of the firm*, 2nd ed. Chichester, UK: Wiley, 1981.
- [65] S. Beer, *Diagnosing the System for Organizations*. Chichester, UK: Wiley, 1985.
- [66] J. W. Creswell, *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, 4th ed. USA: SAGE Publications, Inc, 2013.
- [67] M. J. Polonsky and D. S. Waller, *Designing and Managing a Research Project: A Business Student’s Guide*. Thousand Oaks, California: SAGE Publications, 2010.
- [68] R. E. Shannon, *Simulación de Sistemas Diseño Desarrollo e Implantación*. México: Trillas, 2003.
- [69] A. A. Pacheco y M. C. Cruz, *Metodología Crítica de la Investigación*, 1era. ed. México: CECSA, 2006.
- [70] C. Hart, *Doing a Literature Review: Releasing the Research Imagination*, 1st ed. Newbury Park, California: SAGE Publications, 2018.
- [71] J. Jesson, L. Matheson, and F. M. Lacey, *Doing Your Literature Review: Traditional and Systematic Techniques*, 1st ed. Newbury Park, California: SAGE Publications, 2011.
- [72] M. Walker, *Como Escribir Trabajos de Investigación*, 1st ed. CDMX, México: GEDISA Mexicana, 2007.
- [73] J. H. d. Río-Martínez y M. G. Videgaray, “¿Cómo escribir propuestas de investigación exitosas?” *Rev. del Centro de Inv.*, vol. 10, no. 40, pp. 15–51, 2013.
- [74] R. Flood and M. Jackson, *Creative Problem Solving*. UK: Wiley, 1991.
- [75] M. C. Jackson, *Systems Approaches to Management*. Berlín, Alemania: Springer, 2000.
- [76] M. C. Jackson, *Critical Systems Thinking and the Management of Complexity*. Sussex, UK: Wiley, 2019.
- [77] M. Cimoli, *Developing Innovation Systems: Mexico in a Global Context*, 1st ed. USA: Routledge, 2005.
- [78] B.-A. Lundvall, K. J. Joseph, C. Chaminade, and J. Vang, *Handbook of Innovation Systems and Deve-*

- loping Countries. Building Domestic Capabilities in Global Setting*, 1st ed. UK: Edward Elgar Publishing Limited, 2009.
- [79] Organization for Economic Cooperation and Development, *National Innovation Systems*. París: OECD, 1997.
- [80] E. J. Garrity, "Using Systems Thinking to Understand and Enlarge Mental Models: Helping the Transition to a Sustainable World," *Systems*, vol. 6, no. 2, p. 15, 2018. <https://doi.org/10.3390/systems6020015>
- [81] M. Balzat and H. Hanusch, "Recent Trends in the Research on National Innovation Systems," *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 14, pp. 197–210, 2004. <https://doi.org/10.1007/s00191-004-0187-y>
- [82] R. R. Nelson, *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, 1st ed. USA: Oxford University Press, 1993.
- [83] M. Balzat, *An Economic Analysis of Innovation: Extending the Concept of National Innovation Systems*. Camberley, U. K.: Edward Elgar Pub, 2006.
- [84] H. Etzkowitz and L. Leydesdorff, "The Dynamics of Innovation: From National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of University-Industry-Government Relations," *Research Policy*, vol. 29, no. 2, pp. 109–123, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)
- [85] E. M. Rogers, *Diffusion of Innovations*, 5th ed. USA: Free Press, 2003.
- [86] U. Cantner and A. Pyka, "Classifying technology policy from an evolutionary perspective," *Research Policy*, vol. 30, no. 5, pp. 759–775, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(00\)00104-9](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(00)00104-9)
- [87] J. Schmookler, *Invention and Economic Growth*. Bosto, USA: Harvard University Press, 1966. <https://doi.org/10.4159/harvard.9780674432833>
- [88] T. Khalil, *Management of Technology*, 1st ed. USA: McGraw Hill Higher Education, 2000.
- [89] F. Betz, *Managing Technological Innovation: Competitive Advantage from Change*, 3rd ed. USA: Wiley-Interscience, 2011. <https://doi.org/10.1002/9780470927564>
- [90] J. Schumpeter, *¿Puede Sobrevivir el Capitalismo? La Destrucción Creativa y el Futuro de la Economía Global*, 1era. ed. México: Capitan Swing Libros, 2010.
- [91] Cámara de Diputados de la LX Legislatura, *Ley de ciencia y tecnología*, H. Congreso de la Unión-Diario Oficial de la Federación, CDMX, 2002.
- [92] K. R. Popper, *La lógica de la investigación científica*. España: Tecnos, 2009.
- [93] B. Mandelbrot, *La Geometría Fractal de la Naturaleza*. España: Tusquets Editor, 2002.
- [94] P. Hoverstadt, *The Fractal Organization: Creating Sustainable Organizations with the Viable System Model*. Nueva Jersey, Estados Unidos: Wiley, 2009.
- [95] S. Beer, *Beyond Dispute: The Invention of Team Syntegrity*. Nueva Jersey, Estados Unidos: Wiley, 1994.
- [96] A. Espinosa and J. Walker, *Complexity Approach to Sustainability, A: Theory and Application*. Singapore: World Scientific Publishing Europe Ltd, 2017. <https://doi.org/10.1142/q0060>
- [97] A. Espinosa and J. Walker, "Complexity management in practice: A Viable System Model intervention in an Irish eco-community," *European Journal of Operational Research*, vol. 225, no. 40, pp. 118–129, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.09.015>
- [98] G. M. Jenkins and P. V. Youle, "A Systems Approach to Management," *Journal of the Operational Research Society*, vol. 19, no. 1, pp. 5–21, 1968. <https://doi.org/10.1057/jors.1968.3>
- [99] S. Beer, "The Viable System Model: Its Provenance, Development, Methodology and Pathology," *The Journal of the Operational Research Society*, vol. 35, no. 1, pp. 7–25, 1984. <https://doi.org/10.1057/jors.1984.2>
- [100] R. Espejo, "Observing organisations: the use of identity and structural archetypes," *International Journal of Applied Systemic Studies*, vol. 2, p. 6, 2008. <https://doi.org/10.1504/IJASS.2008.022791>

