

Aplicación de la Metodología de los Sistemas Suaves al sistema mexicano de innovación

Soft Systems Methodology applied to Mexican innovation system

Mario Aguilar-Fernández^{1*}, Citlalli Macías-Barreto¹, Graciela Salgado-Escobar², Brenda García-Jarquín³.

¹Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas (UPIICSA-SEPI). Instituto Politécnico Nacional. Av. Té 950, Granjas México, Iztacalco, 08400. Ciudad de México, México.

²Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas (UPIICSA-DEPG). Instituto Politécnico Nacional. Av. Té 950, Granjas México, Iztacalco, 08400. Ciudad de México, México.

³Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, México City, México. Calz. del Hueso 1100, Coapa, Villa Quietud, Coyoacán, 04960, CDMX.

*Autor de correspondencia: maguilarfer@ipn.mx

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento/No Comercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



Recibido: 4 enero 2023 **Aceptado:** 13 enero 2023 **Publicado:** 6 febrero 2023

Resumen

Ante la presión mundial para mejorar o reconfigurar el sistema de innovación de un país, como lo es México, esta investigación tiene por objetivo, diseñar un modelo tentativo expresado del sistema mexicano de innovación (MTESMI), con base en la metodología de los sistemas suaves (SSM), que sirva como guía en la discusión de los involucrados para su mejora. Es una investigación cualitativa-descriptiva, en la que se aplica la SSM de Checkland. El MTESMI se configura por el entorno externo del sistema nacional de innovación y cinco sistemas: gobernanza, planeación estratégica, vinculación y formulación, coordinación y ejecución. En el que se expone de forma gráfica el análisis CATWOE de todo el sistema, con la finalidad de proporcionar una visión completa de los sistemas de actividad humana identificados, sus causas y efectos, sobre la parte y el todo. Además de, mostrar las interrelaciones entre éstos. La aportación de la investigación es la instrumentación de la SSM para tratar, desde la dinámica de sistemas y la complejidad, el sistema de innovación en México, en aras del bienestar económico y social del país. El documento consta de cuatro apartados: introducción, método, resultados y conclusiones.

Palabras clave: Sistemas de innovación, México, SSM, complejidad.

Abstract

Given the worldwide pressure to improve or reconfigure the innovation system of a country, such as Mexico, this research aims to design an expressed tentative model of the Mexican innovation system (MTESMI), based on the methodology of soft systems (SSM), to serve as a guide in the discussion of stakeholders for improvement. It is qualitative-descriptive research, in which the SSM of Checkland is applied. The MTESMI is shaped by the external environment of the national innovation system and five systems: governance, strategic planning, linkage and formulation, coordination, and implementation. It graphically presents the CATWOE analysis of the entire system, with the aim of providing a complete overview of the identified systems of human activity, its causes, and effects, on the part and the whole. Besides, show the interrelationships between them. The contribution of the research is the instrumentation of the SSM to treat, from the

dynamics of systems and complexity, the innovation system in Mexico, in the interests of the economic and social welfare of the country. The document consists of four sections: introduction, method, results, and conclusions.

Keywords: Innovation systems, Mexico, SSM, complexity.

1. Introducción

Contexto

Ante la importancia de la innovación para la potenciación de una economía a nivel mundial interrelacionada pero competitiva, los países se ven obligados a mejorar o reconfigurar sus políticas e inversiones en innovación. Con base en el Índice Global de Innovación 2021, ninguna de las economías de América Latina y el Caribe figuran en las cincuenta primeras posiciones de las 132 de la OCDE. De las que se encuentran en una mejor posición son: Chile (53°), seguido de México (55°), Costa Rica (56°) y Brasil (57°). Con respecto a México, cabe señalar que aun cuando ha mejorado su posición de manera general en el ranking de innovación, se observa que existen rezagos en instituciones (ocupa la posición 77), en infraestructura (la 67°), en lo que respecta a capital humano e investigación (el 56°), en desarrollo del mercado (el 55°), en desarrollo empresarial el (56°), en producción de conocimiento y tecnología (el 53 °) y en productos creativos (el 52°) [1]. Aunado a lo anterior, México se encuentra dentro de los países con menor asignación de recursos para la investigación y desarrollo, en los últimos diez años el porcentaje más alto que se ha asignado es de 0.45% del PIB, considerando que en promedio los países miembros de la OCDE destinan el 2,5% [2].

Si bien, el Gobierno Federal mexicano ha ratificado su compromiso de promover la investigación científica y tecnológica para favorecer a la sociedad y el desarrollo nacional, a través del fortalecimiento de instituciones y la participación de las instituciones de educación superior, centros de investigación, empresas y pueblos [3]. Resulta imperante profundizar, desde una perspectiva sistémica, la transformación del Sistema Nacional de Innovación mexicano, dado que la innovación es considerada como un proceso social interactivo, enfocado en la generación, difusión y uso del conocimiento, que implica flujos de conocimiento internos y externos [4-9].

De tal manera que, no se puede seguir concibiendo al Sistema Mexicano de Innovación (SMI) como un sistema estático que se entiende desde sus resultados, sino como un sistema dinámico y complejo; dado que es un conjunto de instituciones, que, individual y colectivamente coadyuvan al desarrollo y difusión de tecnologías, asimismo, su estructura favorece en el diseño y aplicación de políticas gubernamentales para impulsar el proceso innovación [10]. Desde esta perspectiva, el comportamiento de la innovación en la economía está supeditado al desempeño individual de las instituciones y a la forma en que éstas interactúan entre sí como elementos de un sistema colectivo de generación y aplicación de conocimiento [11, 12], un proceso dinámico [13]. Por lo que, para percibir y entender su estructura se requiere comprender las interrelaciones que se configuran entre el sistema, los elementos que lo integran y el entorno. Así bien, la teoría sistémica, resulta útil en el entendimiento de entidades cualesquiera o situaciones complejas [14], y la metodología de los sistemas suaves (SSM, por sus siglas en inglés).

Metodología de los sistemas suaves

La metodología de los sistemas suaves (SSM, por sus siglas en inglés) de Checkland [15], es un proceso que trata situaciones problemáticas, de manera organizada y flexible, que requieren ser mejoradas y aceptables, con el mínimo de tensión y cuestionamientos que atender. La SSM consta de cuatro fases: 1) Se tiene una problemática, que solicita ser mejorada, 2) Modelos de actividad con propósito, 3) Un proceso, con la idea de usar los modelos del punto 2, para indagar en el punto

1, y 4) Una discusión estructurada sobre la transformación deseable, que den origen a acciones de mejora. Ver Figura 1

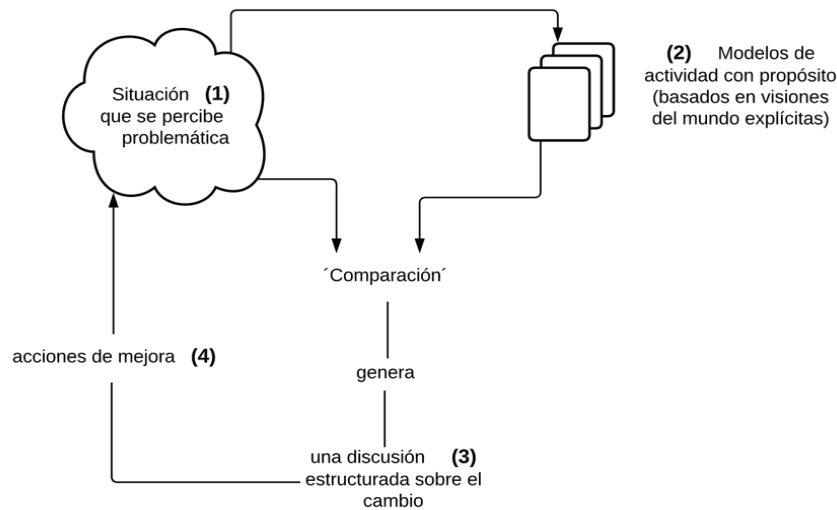


Fig.1 Ciclo de aprendizaje de la SSM. Elaboración propia con base en [16, 17]

Aun cuando la SSM es muy útil para tratar a la realidad, desde la complejidad, de lo problemático, con un sin número de visiones del mundo que se confrontan y con personas que interactúan -lo que conduce a la acción, al aprendizaje y a la mejora, a través de modelos de actividad con propósito- la SSM ha sido poco utilizada para la explicación de los sistemas de innovación. Algunos ejemplos son los de [18-24], en los cuales solamente se sugiere su empleo, es decir, no hay evidencia de su instrumentación como un proceso de aprendizaje continuo para hacer frente a una situación en la que hay un alto componente social, político y humano. Por lo que, el objetivo de la presente investigación es diseñar un modelo tentativo expresado del SMI, con base en la SSM, que sirva como guía en la discusión de los involucrados para su mejora.

2. Materiales y Métodos

Es una investigación de corte cualitativo [25] y descriptivo [26], dado que, se hace una caracterización del SMI y sus procesos para tener como resultado el modelo tentativo expresado del sistema. Centrada en la aplicación de la SSM de Checkland [15] al SMI.

Proceso de la SSM

Es muy importante mencionar, que la SSM, puede ser empleada en cualquier actividad humana, que actúe con propósito. Está compuesta por cuatro actividades, que forman el ciclo de la SSM [16]: indagar, modelar, emplear los modelos para estructurar el debate, y definir o llevar a cabo acciones, ver Figura 2.

La actividad indagar, se propone en cuatro formas: “enriquecer imágenes”, y tres tipos de análisis (uno, dos y tres). El enriquecimiento de imágenes se utiliza para mostrar, de una mejor manera, las múltiples y vinculadas relaciones humanas. El análisis uno (intervención), consiste en intervenir en la situación problemática, con base en la SSM, dirigido al contenido percibido de la situación, con los roles de profesional(es), propietario(s) y cliente(s). El análisis dos (social), utiliza tres elementos, con una intención social: roles (formales e informales), normas y valores. Y el análisis tres (política), dedica tiempo a revelar cómo se encuentra presente el poder en una situación, es decir, lo “culturalmente factible”.

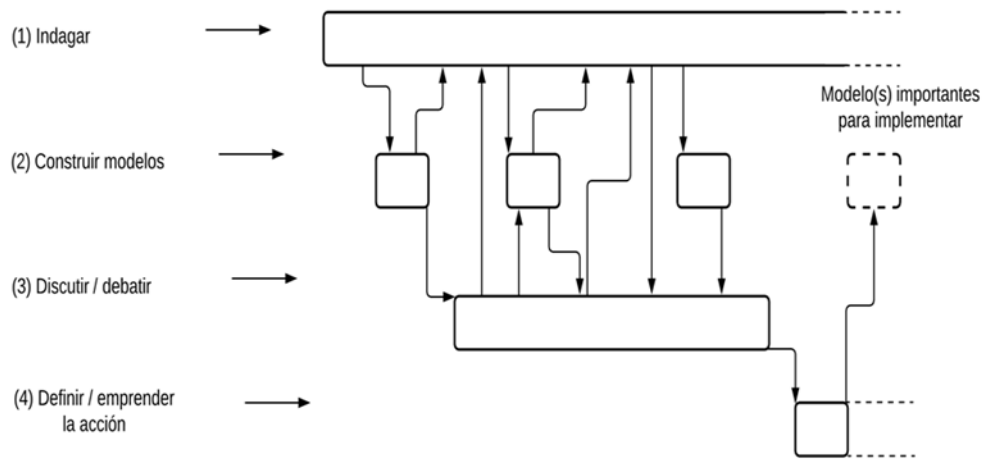


Fig. 2 Actividades de la aplicación de la SSM. Elaboración propia con base en [16, 27]

En la actividad modelar, el objetivo es describir el “sistema de actividad” con propósito, con base en un modelo. Se presenta en cinco fases: 1. La fórmula PQR; hacer P, mediante Q, para lograr R. ¿Qué, ¿cómo y para qué? 2. Describir el sistema a modelar “Definición raíz”. 3. Enriquecimiento del modelo, sustentado en el CATWOE (clientes, agentes, proceso de transformación, propietarios y limitaciones del entorno) y en criterios de eficacia, eficiencia y efectividad (E_1 , E_2 y E_3). Cabe hacer hincapié que, el CATWOE se realiza para cada sistema del SMI y consiste en definir los seis componentes: i) clientes, los cuales son los usuarios beneficiados por el sistema propuesto. ii) Actores o agentes, son todos aquellos que perciben recursos de entrada -investigación, información, recursos económicos, entre otros- para convertirlos en elementos de salida. iii) Transformación, es el procesamiento que llevarán a cabo los agentes con los recursos disponibles, para obtener como producto principal la innovación. iv) Visiones, es la perspectiva integral de los actores. v) Propietarios, son los actores fundamentales que participan en el proceso de transformación. Y, vi) entorno, integrado por el entorno macro, supra y el de interés inferior. 4. Establecer una finalidad principal, basada en el asunto. Y, 5. Diseño de las operaciones y de su respectivo seguimiento y regulación.

Para la actividad emplear los modelos para estructurar el debate, se sugiere generar una tabla matriz, en donde son descritas actividades y vínculos, así como, las preguntas a hacer, en relación con estos elementos. Por último, en la actividad definir o llevar a cabo acciones, primeramente, se busca la acomodación (que podría llegar a ser un consenso) entre grupos de humanos (es decir, llegar a una situación en la que las personas, convivan de forma aceptable). Posteriormente, la acomodación, que conlleva a posibles cambios en estructuras, procesos y actitudes.

3. Resultados y Discusión

El modelo tentativo expresado del sistema mexicano de innovación (MTESMI)

En la Figura 3, se presenta el MTESMI, desarrollado como herramienta para guiar la discusión con todos los involucrados en cada uno de los sistemas de la propuesta del modelo viable de Beer [28-31].

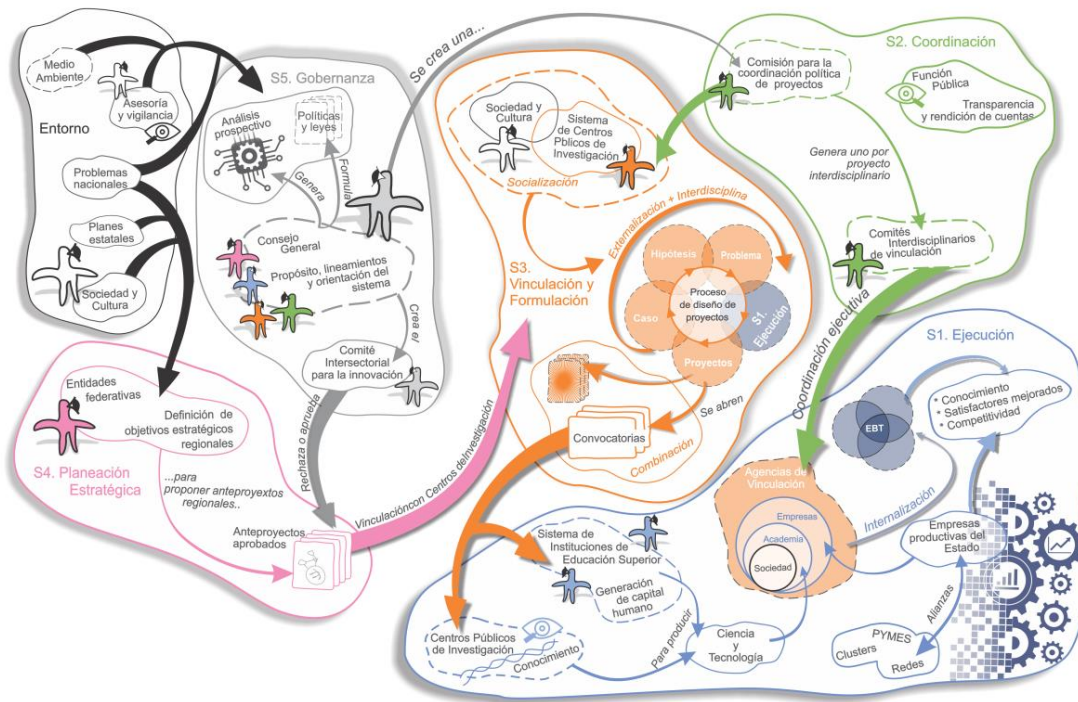


Fig.3 Modelo tentativo expresado del sistema mexicano de innovación

El MTESMI consta de seis burbujas, una por cada sistema: gobernanza (S5), planeación estratégica (S4), vinculación y formulación (S3), coordinación (S2), ejecución (S1) y planeación estratégica, más una que representa la amiba del entorno externo. Cada una se identifica con un título y se asociada con la clave de color, como se aprecia en la Tabla 1.

Tabla 1. Clave de color para el SSM

Color	Sistema, Actores, Propietarios, Acciones, Salidas
Negro	Entorno externo del SNI.
Gris	S5. Gobernanza.
Rosa	S4. Planeación estratégica.
Naranja	S3. Vinculación y Formulación.
Verde	S2. Coordinación.
Azul	S1. Ejecución.

El modelo expone de forma gráfica, con base en la SSM, el análisis CATWOE de todo el sistema, proporcionando una visión completa de los sistemas de actividad humana identificados, sus causas y efectos, sobre la parte y el todo. El entorno y los sistemas se relacionan entre sí, mediante flechas con delineado más ancho. Por su parte, dentro de cada burbuja se expresa la definición raíz correspondiente para cada subsistema, empleando para esto, un lenguaje de símbolos, figuras y formas con apoyo de texto auxiliar. En el interior de las burbujas, las flechas delgadas relacionan a los actores y propietarios relevantes, expresan el sentido de las acciones, o bien, el resultado de estas. Finalmente, las líneas continuas expresan sistemas o identidades más cerradas, mientras que las líneas punteadas expresan sistemas o identidades más abiertos y dinámicos.

A continuación, se describen los cinco sistemas que componen al SMI:

Sistema de gobernanza (S5)

Es considerado el sistema capaz de impulsar los componentes de cambio y determinar el rumbo efectivo del SMI, asimismo, garantizar la identidad e integridad del sistema, por lo que, cumple con una función normativa. De tal manera que, su relación con la amiba del entorno externo es directa, ya que el desempeño de los diferentes factores que lo componen (tales como, soberanía alimentaria y energética, salud pública, desigualdad social y pobreza, impartición de justicia, educación pública, Sec. de Energía, Sec. de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Sec. de Medio Ambiente y Recursos Naturales) influyen en el funcionamiento del sistema de gobernanza. Es elemental para el S5, que los encargados de ejecutar las acciones (*actores*) -el Consejo general y el Comité intersectorial para la innovación- dispongan de información (pertinente, suficiente, vigente, confiable) para la definición del propósito, lineamientos y orientación del SMI, es decir, para el *proceso de transformación*. Bajo la *visión* de construir un sector productivo competitivo basado en la generación y aplicación de conocimiento, orientado a responder las principales demandas de la población, para lograr la autonomía y soberanía que impulsen el desarrollo social y sustentable a largo plazo. Siendo los responsables (los *propietarios*) de dotar de los recursos necesarios para lograr la transformación: los gobiernos estatales, los consejos estatales de ciencia y tecnología, o equivalentes de los estados participantes (COECyT's), la red nacional de consejos y organismos estatales de ciencia y tecnología (RENACECyT), el sector educativo y el sector productivo a nivel nacional. Y los beneficiados (los *clientes*): el gobierno -a nivel federal y estatal- el CONACYT (Consejo nacional de ciencia y tecnología) y el sector productivo. Ver Tabla 2.

Tabla 2. CATWOE del sistema de gobernanza del SMI

Gobierno federal.	Consejo general.	S5. Definición del propósito, lineamientos y orientación del SMI.	La construcción de un sector productivo competitivo basado en la generación y aplicación de conocimiento, orientado a responder las principales demandas de la población, para lograr la autonomía y soberanía que impulsen el desarrollo social y sustentable al largo plazo.	Gobiernos estatales. COECyT's RENACECyT Sector educativo nacional. Sector productivo nacional.	Sec. de Energía. Sec. de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Sec. de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisiones Reguladoras. Soberanía alimentaria y energética, salud pública, desigualdad social y pobreza, impartición de justicia, educación pública.
--------------------------	------------------	---	--	--	--

Sistema de planeación estratégica (S4)

Se visualiza como la piedra angular para asegurar la adaptación del sistema, por lo que se ocupa de la prospectiva y del desarrollo futuro del SMI. Para lo cual, los actores (los gobiernos estatales, los consejos estatales de ciencia y tecnología, o equivalentes de los estados participantes (COECyT's), la red nacional de consejos y organismos estatales de ciencia y tecnología (RENACECyT), el consejo nacional de ciencia y tecnología (CNCTI) y la sociedad civil) atiende las exigencias del entorno (Planes estratégicos de desarrollo: nacionales y estatales, comisiones reguladoras, objetivos estratégicos y prioridades sociales, sociedad y cultura: mecanismos de participación ciudadana,

ideal social vigente, demandas sociales, pluriculturalidad, autodeterminación de los pueblos y de los clientes) y de los clientes (gobierno nivel federal, gobiernos estatales, CONACyT, sector productivo). Así bien, el proceso de transformación es la planeación estratégica a nivel nacional y regional del SMI, centrado en la visión de, descentralizar el diseño y orientación de la inversión. Siendo los propietarios: CONACyT -a través de la coordinación de proyectos, coordinación de centros públicos de Investigación-, RNGI, FUMEC, agencias de vinculación, y comunidad de ciencia y tecnología. Ver Tabla 3.

Tabla 3. CATWOE del sistema de planeación estratégica del SMI

Gobierno federal.	Gobiernos estatales.	S4. Planeación estratégica y regional.	Descentralizar el diseño y orientación de la inversión pública y privada en ciencia y tecnología, con orientación a los principales problemas regionales; enfatizando el uso eficiente de los recursos, el fortalecimiento de las capacidades regionales y la participación ciudadana en formulación de la agenda estratégica para superar visiones sexenales.	CONACyT: Coordinación de proyectos. Coordinación de centros públicos de investigación. RNGI FUMEC Agencias de vinculación. Comunidad de ciencia y tecnología.	Planes estratégicos de desarrollo: nacionales y estatales. Comisiones Regulatoras. Objetivos estratégicos y prioridades sociales. Sociedad y cultura: mecanismos de participación ciudadana, ideal social vigente, demandas sociales, pluriculturalidad, autodeterminación de los pueblos.
Gobiernos estatales.	COECyT's				
CONACyT	RENACECyT				
	CNCTI				
Sector productivo.	Sociedad civil.				

Sistema de vinculación y formulación (S3)

Este sistema, es el responsable del comportamiento interno del SMI, por lo que, su función principal es la implementación de políticas y la asignación de actividades. De tal manera que, los actores (CONACyT, a través de la coordinación de proyectos y la coordinación de centros públicos de investigación, así también, la Red Nacional de Grupos y Centros de Investigación (RNGCI), la Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia (FUMEC) y las agencias de vinculación) son los responsables de llevar a cabo el proceso de transformación de vinculación con centros públicos de Investigación y formulación de proyectos. Teniendo como visión, la asimilación y exploración de los anteproyectos y objetivos estratégicos con enfoque interdisciplinario, con la finalidad de delimitar las fronteras, necesidades o demandas de conocimiento necesarios para la realización de proyectos productivos; a partir de los cuales, convocar, vincular y consolidar a los actores relevantes para cada proyecto. El S3, se ve afectado por el ambiente interno del propio sistema, tales como: capacidad de conciliar los diferentes y antagónicos intereses involucrados, capacidad de variedad requisita entorno a la combinación de recursos, conocimiento y habilidades disponibles, capacidad de asimilación e interdisciplinariedad de los problemas planteados por parte de los actores. Se reconocen como clientes, al gobierno federal, los gobiernos estatales, el CONACyT y el sector productivo. Y como propietarios, al CONACyT: Comités Intersectoriales y de Vinculación, la ANUIES, las universidades y centros públicos de investigación, el FUMEC, las agencias de

vinculación, las empresas públicas, privadas y público/privadas, la Secretaría de la Función Pública y la sociedad civil. Ver Tabla 4.

Tabla 4. CATWOE del sistema de vinculación y formulación del SMI

Gobierno federal.	CONACyT: Coordinación de Proyectos	S3. Vinculación con Centros Públicos de Investigación y formulación de proyectos.	Asimilar y explorar los anteproyectos y objetivos estratégicos con enfoque interdisciplinario, con la finalidad de delimitar las fronteras, necesidades o demandas de conocimiento necesarios para la realización de proyectos productivos; a partir de los cuales, convocar, vincular y consolidar a los actores relevantes para cada proyecto.	CONACyT: Comités Intersectoriales y de Vinculación. ANUIES Universidades y centros públicos de investigación. FUMEC Agencias de vinculación. Empresas públicas, privadas y público/privadas. Secretaría de la Función Pública. Sociedad civil.	En este nivel, las afectaciones del ambiente son internas del propio sistema, tales como: Capacidad de conciliar los diferentes y antagónicos intereses involucrados. Capacidad de variedad requisita entorno a la combinación de recursos, conocimiento y habilidades disponibles. Capacidad de asimilación e interdiscipliniedad de los problemas planteados por parte de los actores.
Gobiernos estatales.	Coordinación de Centros Públicos de Investigación				
CONACyT	Públicos de Investigación				
Sector productivo.	RNGCI FUMEC Agencias de Vinculación.				

Sistema de coordinación (S2)

Es el sistema encargado de sincronizar las acciones del SMI, así también, programar las tareas y las operaciones que éste requiera para cumplir con su objetivo. De tal forma que, el proceso de transformación es la coordinación política y ejecutiva del SMI. Se identifican como clientes, el gobierno -a nivel federal y estatal-, el CONACyT y el sector productivo. Como actores, se tiene al CONACyT (comités intersectoriales y de vinculación), las subsecretarías federales y de la función pública, además de, la comunidad de investigadores. Se pretende que el S2 emprenda acciones institucionales necesarias para combinar los medios técnicos, financieros y de infraestructura, así como recursos humanos para cumplir con los objetivos estratégicos de largo, mediano y corto plazo. Manteniendo como eje, la orientación política en todos sus niveles y la agenda regional y social establecida. Son propietarios de este sistema, la ANUIES, las universidades y centros públicos de investigación, la FUMEC, las agencias de vinculación, las Empresas públicas, privadas y público/privadas, asimismo, la sociedad civil. Se considera que los factores que influyen en el funcionamiento del S2, corresponden al ambiente interno propio del sistema, tales como, la capacidad de convocatoria de los sectores productivos, sociales y científicos, la voluntad de gestión con transparencia y rendición de cuentas, la capacidad de adaptación de la cultura organizacional e institucional y la capacidad de respuesta y descentralización. Ver Tabla 5.

Tabla 5. CATWOE del sistema de coordinación del SMI

Gobierno federal.	CONACyT: comités intersectoriales y de vinculación.	S2. Coordinación política y ejecutiva del SMI.	Emprender las acciones institucionales necesarias para combinar los medios técnicos, financieros y de infraestructura, así como recursos humanos para cumplir con los objetivos estratégicos de largo, mediano y corto plazo. Manteniendo como eje, la orientación política en todos sus niveles y la agenda regional y social establecida.	ANUIES. Universidades y centros públicos de investigación. FUMEC. Agencias de vinculación. Empresas públicas, privadas y público/privadas. Sociedad civil.	Las afectaciones del ambiente son internas del propio sistema, tales como: Capacidad de convocatoria de los sectores productivos, sociales y científicos. Voluntad de gestión con transparencia y rendición de cuentas. Capacidad de adaptación de la cultura organizacional e institucional. Capacidad de respuesta y descentralización.
Gobiernos estatales.					
CONACyT	Subsecretarías Federales.				
Sector productivo.	Secretaría de la Función Pública. Comunidad de investigadores.				

Sistema de ejecución (S1)

Es el sistema que se configura por actividades viables (primarias), la cuales caracterizan el quehacer del SMI. Por lo que el proceso de transformación consiste en la ejecución de proyectos. Bajo el entorno del sistema financiero mexicano, el mercado externo, la normas y certificaciones internacionales, además de, la sociedad y la cultura. Y Con miras a, generar un sector productivo, competitivo e innovador, con visión de largo plazo, y basado en la aplicación de conocimiento y tecnología que coloque el desarrollo y bienestar de la sociedad y el medio ambiente, en el centro de la actividad productiva y comercial. Siendo el mercado interno, la población nacional, las relaciones comerciales internacionales, el CONACyT, a través de la Coordinación de Proyectos, quienes proporcionan los recursos necesarios para el sistema. Se les reconoce como clientes del S1, el gobierno federal, gobierno, a nivel nacional y estatal, el CONACyT y el sector productivo. Y como actores, la ANUIES, las universidades y centros públicos de investigación, las empresas (públicas, privadas y público-privadas), la sociedad civil y el sector productivo. Ver Tabla 6.

Tabla 6. CATWOE del sistema de ejecución del SMI

Gobierno federal.	ANUIES	S1. Ejecución de proyectos.	Generar un sector productivo, competitivo e innovador, con visión de largo plazo, y basado en la aplicación de conocimiento y tecnología que coloque el desarrollo y bien estar de la sociedad y el medio ambiente, en el centro de la actividad productiva y comercial.	Mercado interno.	Sistema financiero mexicano
Gobiernos estatales.	Universidades y Centros Públicos de Investigación.			Población nacional.	Mercado externo.
CONACyT	Empresas públicas,			Relaciones comerciales internacionales	Normas y certificaciones internacionales.
Sector productivo.	privadas y público-privadas. Sociedad civil.			CONACyT: Coordinación de Proyectos.	Sociedad y cultura.

Para concluir, la representación gráfica del CATWOE, es una herramienta visual de la SSM, que de acuerdo a Checkland [15, 16], tiene la función de socializar el proceso de discusión de forma ordenada, ver Figura 4.

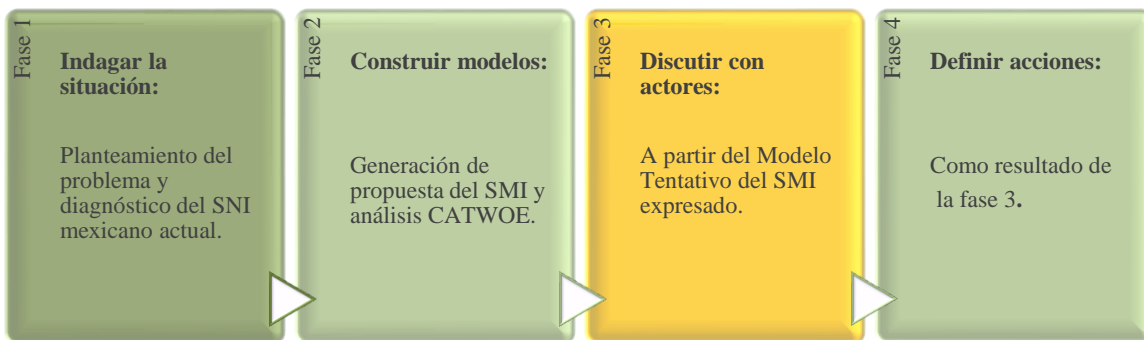


Fig.4 Fases de la SSM: contexto de uso del modelo tentativo expresado del sistema mexicano de innovación

De este modo, se ordena el diálogo entre los involucrados (actores y propietarios) en los sistemas relevantes y sus definiciones raíz, mediante comparación del modelo ideal contra la realidad empírica y observada, a partir de lo cual, se generan propuestas de mejora deseables, y culturalmente posibles.

4. Conclusiones

A partir de la aplicación de la SSM al sistema mexicano de innovación, se diseña el MTESMI, configurado por el entorno externo del SNI y cinco sistemas: i) gobernanza (S5), ii) planeación estratégica (S4), iii) vinculación y formulación (S3), iv) Coordinación (S2) y v) ejecución. A través del modelo se definen cada uno de los sistemas (utilizando símbolos, figuras, formas y texto), se

describe el análisis CATWOE de todo el sistema, mostrando así los sistemas de actividad humana, sus causas y efectos, sobre la parte y el todo. Además de, se plantean las vinculaciones entre éstos. De modo que, la contribución de esta investigación es la utilización de la SSM para tratar, desde la dinámica de sistemas y la complejidad, el sistema de innovación en México. Si bien existen estudios que sugieren emplearla [18-24], aun no se tiene evidencia de su instrumentación. Por tanto, el MTESMI, se presenta como una propuesta teórica para guiar a los involucrados del SMI a mejorar el sistema, en el que se conciba a la innovación, tal como lo plantea [32], como el motor capaz de generar transformaciones económicas, institucionales y sociales, en beneficio del país. Se recomienda como futuras investigaciones implementar el MTESMI y aplicar la SSM para otros sistemas.

Referencias

- [1] WIPO. *Global Innovation Index 2021: Which are the most innovative countries?*, 2021. Available: https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/2021/index.htmlWIPO
- [2] OECD. *Gross domestic spending on R&D (indicator)*, 2022, 28 septiembre. Available: <https://doi.org/10.1787/d8b068b4-en>
- [3] GOBMEX. *Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024*, 2019. Available: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/487316/PND_2019-2024.pdf
- [4] Porto-Gomez, I., Zabala-Iturriagoitia, J. M., Leydesdorff, L., *Innovation systems in México: A matter of missing synergies*. Technological Forecasting and Social Change, 2019. **148**: p. 119721. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119721>
- [5] Nonaka, I., Takeuchi, H. *La organización creadora de conocimiento: cómo las compañías japonesas crean la dinámica de la innovación*, 1999. México: Oxford University Press. ISBN: 970-613-454-9
- [6] Hippel, von E. *Usuarios y suministradores como fuentes de innovación*, 2004. España: Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica. ISBN: 9788495336507
- [7] Lundvall, B.-Å., Rikap, C., *China's catching-up in artificial intelligence seen as a co-evolution of corporate and national innovation systems*. Research Policy, 2022. **51**(1): p. 104395. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104395>
- [8] Nowotny, H., Scott, P., Gibbons, M., *Introduction: Mode 2' Revisited: The New Production of Knowledge*. Minerva, 2003. **41**: p. 179-194. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1025505528250>
- [9] Höglund, L., Linton, G., *Smart specialization in regional innovation systems: A quadruple helix perspective*. R&D Management, 2018. **48**(1): p. 60–72. DOI: <https://doi.org/10.1111/radm.12306>
- [10] Bengtsson, L., Edquist, C., *Towards a holistic user innovation policy*. International Journal of Innovation Studies, 2022. **6**(1): p. 35–52. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijis.2022.02.002>
- [11] Silva, A., Guerrini, F.M., *Self-organized innovation networks from the perspective of complex systems: A comprehensive conceptual review*. Journal of Organizational Change Management, 2018. **31**(5): p. 962-983. DOI: <https://doi.org/10.1108/JOCM-10-2016-0210>
- [12] Rycroft, R. W., Kash, D. E., *Self-Organizing Innovation Networks : Implications for Globalization*. Technovation, 2004. **24**: p. 187-197. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(03\)00092-0](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(03)00092-0)
- [13] Smith, K., *Comparing Economic Performance in the Presence of Diversity*. Science and Public Policy, 2001. **28**: p. 267-276. DOI: <https://doi.org/10.3152/147154301781781417>
- [14] Francois, C. *International Encyclopedia of Systems and Cybernetics*, 2004. Munich: K G Saur Verlag Gmbh & Co. ISBN: 978-3598116308
- [15] Checkland, P. B., *Towards a systems-based methodology for real world problem solving*. Journal of Systems Engineering, 1972. **3**: p. 87-116.

- [16] Checkland, P., Poulter, J. *Soft Systems Methodology*, 2006. Barcelona: Milrazones. ISBN: 978-84-937552-1-8
- [17] Checkland, P., Scholes, J. *La metodología de sistemas suaves en acción*, 1994. México: Editorial Limusa. ISBN: 978-968-18-4912-2
- [18] Midgley, G., Lindhult, E., *A systems perspective on systemic innovation*. Systems Research and Behavioral Science, 2021. **38**: p. 635-670. DOI: <https://doi.org/10.1002/sres.2819>
- [19] Sarkkinen, M. *Strategic innovation management based on three dimensions. Diagnosing innovation development needs in a peripheral region*, 2013. Lappeenranta: Lappeenranta University of Technology. ISBN: 978-952-265-402-1
- [20] Grösser, S. N. *Co-Evolution of Standards in Innovation Systems: The Dynamics of Voluntary and Legal Building Codes*, 2012. Berlín: Physica Verlag. ISBN: 978-3-7908-2857-3
- [21] Crespin-Mazet, F., Romestant, F., Salle, R., *The co-development of innovative projects in CoPS activities*. Industrial Marketing Management, 2019. **79**: p. 71–83. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2018.08.013>
- [22] Solleiro-Rebolledo, J. L., García-Martínez, M. B., Castañón-Ibarra, R., Martínez-Salvador, L. E., *Smart specialization for building up a regional innovation agenda: the case of San Luis Potosí, Mexico*. Journal of Evolutionary Studies in Business, 2020. **5**: p. 81-115. DOI: <https://doi.org/10.1344/jesb2020.1.j069>
- [23] Svennevik, E. M. C., *Practices in transitions: Review, reflections, and research directions for a Practice Innovation System PIS approach*. Environmental Innovation and Societal Transitions, 2022. **44**: p. 163–184. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2022.06.006>
- [24] Richmore, D., *A congruence analysis of Innovation Platforms from the Innovation Ecosystems and Value Chains perspectives*, 2021. Doctor of Philosophy, Faculty of Engineering, Stellenbosch University.
- [25] Creswell, J. W. *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, 2013. USA: SAGE Publications, Inc. ISBN: 9781506386706
- [26] Pacheco, A. A., Cruz, M. C. *Metodología Crítica de la Investigación*, 2006. México: CECSA. ISBN: 9786074388749
- [27] Checkland, P., *Soft Systems Methodology: A Thirty Year Retrospective*. Systems Research and Behavioral Science, 2000. **17**: p. S11-S58. DOI: [https://doi.org/10.1002/1099-1743\(200011\)17:1+<::AID-SRES374>3.0.CO;2-O](https://doi.org/10.1002/1099-1743(200011)17:1+<::AID-SRES374>3.0.CO;2-O)
- [28] Beer, S. *Diagnosing the System for Organizations*, 1985. Chichester: Wiley. ISBN: 978-0-471-95136-0
- [29] Beer, S., *The Viable System Model: Its Provenance, Development, Methodology and Pathology*. The Journal of the Operational Research Society, 1984. **35**: p. 7-25. DOI: <https://doi.org/10.1057/jors.1984.2>
- [30] Beer, S. *Brain of the firm, 2nd edition*, 1981. Chichester: Wiley. ISBN: 978-0-471-94839-1
- [31] Beer, S. *The heart of enterprise*, 1979. Chichester: Wiley. ISBN: 978-0-471-94837-7
- [32] Schumpeter, J. A. *Teoría del Desarrollo Económico*, 1997. México: FCE. ISBN: 9681650697

Agradecimientos

Los autores agradecen las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo al Instituto Politécnico Nacional, a la Secretaría de Investigación y Posgrado, con el proyecto SIP 20220220, a la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas (UPIICSA), a la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, al Sistema Nacional de Investigadores del CONACyT, y al Programa de Estímulo al Desempeño Docente (PEDD del IPN).

Conflicto de Intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Mario Aguilar-Fernández. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2621-8692>
Desarrollo de la investigación y redacción del manuscrito.

Citlalli Macías Barreto. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4348-2612>
Desarrollo de la investigación y redacción del manuscrito.

Graciela Salgado Escobar. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2144-4965>
Desarrollo de la investigación y redacción del manuscrito.

Brenda García-Jarquín. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7192-2342>
Administración y supervisión del proyecto de investigación.