

ISSN: 2594-0937

REVISTA ELECTRÓNICA MENSUAL

Debates

sobre **innovación**

SEPTIEMBRE
2024

VOLUMEN 8
NÚMERO 2

Memorias LALICS 2023
Academia de Maestría - Seminario LALICS
Paraguay, PY.



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
METROPOLITANA
Unidad Xochimilco



MEGI
MAESTRÍA EN ECONOMÍA, GESTIÓN
Y POLÍTICAS DE INNOVACIÓN



LALICS

LATIN AMERICAN NETWORK FOR ECONOMICS OF LEARNING,
INNOVATION AND COMPETENCE BUILDING SYSTEMS

DEBATES SOBRE INNOVACIÓN. Volumen 8, Número 1, junio-agosto 2024. Es una publicación trimestral de la Universidad Autónoma Metropolitana a través de la Unidad Xochimilco, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Departamento de Producción Económica. Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Del. Coyoacán, C.P. 04960, Ciudad de México. Teléfonos 54837200, ext.7279. Página electrónica de la revista <http://economiaeinovacionuamx.org/secciones/debates-sobre-innovacion> y dirección electrónica: megct@correo.xoc.uam.mx Editor Responsable: Dra. Gabriela Dutrénit Bielous, Coordinadora de la Maestría en Economía, Gestión y Políticas de Innovación.

Gabriela Dutrénit Bielous, Departamento de Producción Económica, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Unidad Xochimilco. Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Del. Coyoacán, C.P. 04960, Ciudad de México. Fecha de última modificación: diciembre de 2019. Tamaño del archivo: 36.5 MB

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Autónoma Metropolitana.

PROYECTO: MODELO DE SIMULACIÓN PARA LA REPRESENTACIÓN DE LOS EFECTOS DE DIFERENTES MARCOS DE POLÍTICAS PÚBLICAS DE CTI EN EL DESEMPEÑO SOSTENIBLE DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN.

Claudia Marcela Bula Rodríguez*, **Walter Lugo Ruiz Castañeda**

Afiliación 1: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas. Av. 80 #65 - 223. Grupo de Investigación Innovación y Gestión Tecnológica. Medellín, Colombia.

*Autor de correspondencia: cbular@unal.edu.co.

Resumen

Las políticas de CTI, se han posicionado como pieza fundamental para impulsar el desarrollo tecnológico y la ciencia en el mundo (Chaminade & Lundvall, 2019). Existen diferentes marcos de políticas de CTI que permiten a formuladores de políticas justificar el diseño, la selección y el uso de instrumentos puntuales (Flanagan, Uyarra, & Laranja, 2011). Desde la mirada de Schot y Steinmueller (2018), existen tres marcos: I+D, Sistemas de Innovación (SI) y Cambio Transformativo y por fuera de esta perspectiva también se identifican las Políticas Orientadas por Misiones (Mazzucato, 2018).

En la actualidad, existe un sentido de urgencia por reorientar las políticas públicas de ciencia, tecnología e innovación hacia la solución de los Grandes Desafíos Globales (GDG) (Chaminade & Lundvall, 2019) y para lograr esto, Lundvall (2022), manifiesta que se debe apuntar hacia la transformación de los Sistemas de Innovación en un ecosistema en el que también interactúen políticas de otros marcos, puesto que cualquier forma de “política de innovación” es incapaz de abordar los desafíos globales actuales. Sin embargo, no se tiene claridad sobre cómo debería llevarse a cabo dicha articulación ni de los efectos que tendrían estos *policy mixes* en la economía y la sociedad.

La presente investigación pretende contribuir a la literatura de políticas de CTI orientando la discusión respecto a la relación de la perspectiva de los SI con los demás marcos de políticas de CTI, mediante la propuesta de una metodología de evaluación ex ante de diferentes *policy mixes* y sus efectos en el desempeño sostenible dentro de los SI.

Palabras clave: 1) *políticas públicas de CTI*; 2) *sistemas de Innovación*; 3) *mix de políticas*; 4) *instrumentos de política*; 5) *desarrollo sostenible*

Abstract

STI policies are a fundamental factor in driving technological development and science in the world (Chaminade & Lundvall, 2019). There are several STI policy frameworks which provide policy makers with a rationale for the design, selection and employment of instruments (Flanagan, Uyarra, & Laranja, 2011). From Schot and Steinmueller's (2018) perspective, three policy frameworks stand out: R&D, Innovation Systems (IS) and Transformative Change, and beyond their scope, Mission-Oriented Policies are also identified (Mazzucato, 2018).

There is currently a prevailing sense of urgency to reorient science, technology and innovation public policies towards solving the Grand Global Challenges (GDG) (Chaminade & Lundvall, 2019) and to achieve this, Lundvall (2022) states that the focus should be on transforming Innovation Systems into an ecosystem in which policies from other frameworks also interact, since any form of "innovation policy" is incapable of addressing the current global challenges. Nevertheless, it is unclear how such an articulation should be carried out and which would be the effects of these policy mixes on economy and society.

In this work, we aim to contribute to the STI policy literature by guiding the discussion regarding the IS perspective with the other STI policy frameworks, by proposing a methodology for an ex-ante evaluation of different policy mixes and their effects on sustainable performance within the IS.

Keywords: *1) STI public policies, 2) innovation systems, 3) policy mixes, 4) policy instruments, 5) sustainable development*

Introducción

La ciencia, tecnología e innovación se ha posicionado como una de las principales fuerzas que impulsan el crecimiento económico de los países, (Christensen, Drejer, Andersen, & Holm, 2016; Zhou, Wei, Zeng, & Deng, 2022; Chaminade & Lundvall, 2019; Sener & Sarıdogan, 2011) especialmente los del Norte Global. Si bien su relevancia desde esta mirada económica es indiscutible, el alcance y la escala de los desafíos que se espera que aborde la innovación se han ampliado en las últimas décadas, incluyendo ahora los desafíos ambientales y sociales (Walsh, Murphy, & Horan, 2020; Edler & Fargerberg, 2017). Para acelerar el avance de la CTI, los países han creado políticas públicas cuyo propósito es intervenir en todo el proceso de innovación (Lundvall & Borrás, 2005), buscando afectar su ritmo y direccionalidad (Chaminade & Lundvall, 2019), dependiendo de los objetivos particulares de cada política. Estos objetivos pueden variar según la interpretación o perspectiva desde la cual se entienda el proceso de innovación y el contexto socioeconómico de cada país (Crespi & Dutrénit, 2013).

Existen diferentes marcos teóricos, denominados “marcos de políticas de CTI” que constituyen una importante base de conocimiento para sus formuladores, pues los ayuda a justificar el diseño, la selección y el uso de políticas particulares (Flanagan, Uyarra, & Laranja, 2011), de cara a las metas que se hayan trazado en su agenda (bien sea crecimiento económico, bienestar social, seguridad ambiental, etc.). Schot y Steinmueller (2018), identifican tres marcos, el Marco 1 que justifica el diseño e implementación de políticas públicas que incentiven la I+D empresarial, la creación y protección del conocimiento científico para poder superar las “fallas de mercado” asociadas a la investigación científica, principalmente la básica. Este marco está relacionado con el modelo de innovación lineal y el modo Ciencia, Tecnología e Innovación propuesto por Jensen, Johnson, Lorenz y Lundvall (2007), cuya influencia se manifiesta en el rol que desempeña la investigación científica como base fundamental en el proceso de innovación. Por su parte, el Marco 2 está estrechamente relacionado con el modo de aprendizaje vía Hacer, Usar e Interactuar (modo DUI) de Jensen, Johnson, Lorenz y Lundvall (2007), y con

el Modo 2 de producción de conocimiento propuesto por Gibbons y otros (1997). Este segundo marco es construido bajo una nueva perspectiva de la innovación, que pasa de ser concebida como un fenómeno lineal a un proceso ubicuo en la economía moderna en el que interactúan actores heterogéneos y transdisciplinarios (Lundvall B.-Å. , 2016), dentro de un sistema complejo denominado Sistema de Innovación; en este sentido, las políticas de CTI asociadas a esta escuela de pensamiento se crean con el propósito de identificar y rectificar las “fallas sistémicas” que interfieren en las actividades de innovación, garantizando así la correcta interacción entre los actores del sistema (Edler & Fagerberg, 2017). Cabe resaltar que es de los marcos más aceptados en la actualidad por los formuladores de políticas y organizaciones como la OCDE que promueven su implementación (Erbes & Suárez, 2016).

El Marco 3 (Políticas de Innovación Transformativa), pone de manifiesto la necesidad de un Cambio Transformador dentro de los sistemas sociotécnicos convencionales para abordar los problemas sociales y ambientales del siglo XXI argumentando que los marcos anteriores no reconocen a profundidad esta necesidad puesto que su principal objetivo es el crecimiento económico. Según Weber y Rohrer (2012), la justificación para la intervención estatal a través de políticas de innovación transformativa se centra en superar las llamadas fallas transformativas, conocidas como: direccionalidad, articulación de la demanda, coordinación de políticas y flexibilidad, y bajo esa premisa, dentro de este marco se han establecido diferentes pautas o argumentos teóricos para dar respuesta a esas falencias. El Marco 3 parte de la teoría de las transiciones, se basa en la teoría de la Perspectiva Multinivel y tiene como principios operativos la direccionalidad, la participación, el aprendizaje y experimentación, interdisciplinariedad y anticipación de resultados y efectos. Más allá del planteamiento de Schot y Steinmueller (2018), se identifica otro marco de políticas de CTI, las políticas orientadas a misiones (POM), históricamente se han enfocado en buscar soluciones nuevas para problemas específicos dentro de la agenda política de los países (Ergas, 1989) y más recientemente, se han encargado de plantear soluciones a los problemas ambientales y sociales (Mazzucato, 2018), articulando actores de múltiples orígenes para lograr transformaciones dentro de los diferentes sectores involucrados (Miedzinski,

Mazzucato, & Ekins, 2019). Cabe resaltar que muchas de las grandes innovaciones, que han tenido un gran impacto económico, han surgido a partir de este tipo de políticas (Edler & Fargerberg, 2017), no obstante, el desafío ahora es poder crear misiones más abiertas que permitan impactar con éxito las esferas social y ambiental (Schot & Steinmueller, 2018).

En la actualidad, existe una visión compartida entre los académicos sobre la necesidad de redefinir el propósito de las políticas de innovación y orientarlas hacia la solución de los llamados Grandes Desafíos Globales, como el cumplimiento de los ODS (Chaminade & Lundvall, 2019), y para lograrlo, argumentan que se requeriría la combinación de diversos instrumentos de políticas (Christensen, Drejer, Andersen, & Holm, 2016), se ha hecho énfasis en la importancia de medidas como: la inversión estatal en I+D para atacar problemas sociales y ambientales (Daniels, y otros, 2020), garantizar la interacción de los diferentes actores que influyen en el proceso de innovación (Staffan & Bergek, 2011), direccionar a los distintos actores hacia la búsqueda de la sostenibilidad (Schot & Steinmueller, 2018) e influir en las trayectorias tecnológicas con una visión a largo plazo (Mazzucato, 2018); estas acciones representan la base teórica de los diferentes marcos de políticas de CTI anteriormente expuestos, por lo que se esperaría que estos, mediante una buena coordinación, más que excluyentes puedan ser complementarios (Lundvall B. , 2022), aunque poco se ha avanzado en el estudio de la aparente sinergia entre los diferentes marcos en el contexto del desarrollo sostenible.

Ahora bien, el marco de los Sistemas de Innovación probablemente contiene el soporte teórico más adecuado para explicar el proceso de innovación en situaciones en las que las innovaciones interactúan de manera compleja con sus múltiples entornos y están fuertemente influenciadas por políticas (Weber & Truffer, 2017); sin embargo, como mencionan los autores, a pesar de ser un marco teórico que contiene las bases para diseñar políticas de CTI aceptables, es necesario complementarlo con estrategias de otras escuelas de pensamiento para poder ajustarse a las agendas políticas actuales. De hecho, Lundvall (2022), argumenta que para abordar los Grandes Desafíos Globales se debe apuntar

hacia la transformación de estos sistemas en un entorno en el que interactúen políticas de los diferentes marcos mencionados previamente.

Se identifica entonces la necesidad de estudiar estrategias que permitan articular los Sistemas de Innovación con los demás marcos de políticas de CTI, teniendo en cuenta el conjunto de agentes heterogéneos que conforman los sistemas, sus relaciones y coevolución en el tiempo (Hormecheas, 2021), en síntesis, se requiere un análisis que permita representar el efecto de diferentes tipos de políticas de CTI, y sus posibles combinaciones, en el desempeño sostenible de los sistemas de innovación.

De lo anterior surge la siguiente pregunta ¿Cómo afectan los diferentes tipos de políticas de CTI y sus posibles combinaciones en el desempeño sostenible de los sistemas de innovación?

1. Objetivos

Coherentemente con el problema y pregunta de investigación planteada, el objetivo general de esta investigación es proponer un metamodelo que represente efectos de políticas de CTI de los Marcos 1, 2, 3, y el marco de Misiones en el desempeño sostenible de los sistemas de innovación.

Para lograr el objetivo general enunciado se formulan los siguientes objetivos específicos:

- I. Identificar en la literatura especializada los elementos fundamentales de los diferentes marcos de CTI que permitan comprender los planteamientos principales y las relaciones entre ellos para la construcción de los diferentes modelos.
- II. Construir los diferentes modelos conceptuales que permitan representar los diferentes marcos de CTI desde el paradigma más apropiado para reflejar su comportamiento.
- III. Diseñar los modelos computacionales que permitan hacer operativos los modelos conceptuales anteriormente planteados

- IV. Crear las interfaces necesarias que permitan la integración de los diferentes modelos computacionales en un metamodelo que represente los diferentes marcos de CTI
- V. Validar tanto los modelos computacionales como el metamodelo a partir de casos empíricos que permitan probar la validez de ellos.
- VI. Formular escenarios que permitan analizar el impacto de las diferentes políticas de CTI en el desempeño sostenible de los diferentes sistemas de innovación simulados.

2. Materiales y Métodos

Dentro del proceso de formulación de políticas públicas, la fase de evaluación toma cada vez más importancia, especialmente en el campo de la innovación, pues según Georghiou (1998), entre los formuladores de políticas existe una preocupación por saber qué estrategia o conjunto de estrategias podrían mejorar el rendimiento de sus sistemas de innovación. En ese sentido, es de vital importancia proponer o diseñar una metodología de evaluación que permita identificar, en una etapa temprana, posibles efectos de diferentes políticas de CTI en el desempeño de estos sistemas.

Ahora bien, para poder conocer dichos efectos es necesario primero comprender el comportamiento de los sistemas de innovación. Entre los académicos existe un consenso de que un sistema de innovación posee las características de un sistema complejo, dinámico y adaptable, que surge del cambio continuo y la evolución de agentes, organizaciones e instituciones (Kats, 2016; Uriona & Grobbelaar, 2017). Una de las metodologías más relevantes para estudiar las dinámicas dentro de los sistemas complejos es el uso de modelos de simulación, pues estos son capaces de manejar la incertidumbre y la variabilidad de este tipo de sistemas (Sumari, Ibrahim, Hawaniah, & Ab Hamid, 2013). En la literatura de los sistemas de innovación los enfoques más importantes son los de modelación basada en agentes y dinámica de sistemas (Uriona & Grobbelaar, 2017) porque permiten realizar experimentos del tipo ¿qué pasaría si...?, con diferentes objetivos, uno de ellos es precisamente realizar evaluaciones ex ante de los efectos de políticas de CTI. Otra

metodología utilizada para caracterizar sistemas innovación es el análisis de redes sociales, el cual ayuda a comprender mejor la complejidad estructural del problema de interés, al estudiar las relaciones existentes entre las diferentes entidades que lo componen (Franco & Ruiz, 2019).

Las principales características de cada una de estas estrategias se presentan a continuación:

Dinámica de Sistemas: es un método de modelación asistido por computador usado para la construcción de teorías, análisis y diseño de políticas y apoyo en la toma de decisiones estratégicas (Richardson, 2009). Se caracteriza por ser una metodología tipo top-down para construir modelos con un alto nivel de abstracción aplicados a problemas dinámicos que surgen en cualquier sistema complejo caracterizado por la interdependencia, la interacción mutua, la retroalimentación de la información y la causalidad circular (Borshchev & Filippov, 2004). Se basa en métodos cualitativos, como el diagrama causal y el diagrama de Forrester para explicar la estructura del sistema a estudiar, y también métodos cuantitativos, como técnicas derivadas de la teoría de sistemas (ecuaciones diferenciales) y métodos numéricos (método de Euler) para explicar la dinámica de este.

Modelación Basada en Agentes: es una metodología usada para representar la complejidad que surge a partir de las acciones e interacciones de los individuos que componen un sistema real (Siebers, Macal, Garnett, Buxton, & Pidd, 2010). Los modelos construidos bajo este paradigma están compuestos por objetos computacionales llamados agentes, que se caracterizan por ser autónomos, heterogéneos, situados en espacio y tiempo y por ser capaces de relacionarse entre sí, etc. (Holland & Miller, 1991; de Marchi & Page, 2014).

A diferencia de los otros enfoque o paradigmas, (como la dinámica de sistemas), la función de los modelos basados en agentes no es definir el comportamiento global del sistema de interés, por el contrario, se busca definir el comportamiento a nivel individual (agente), y el comportamiento global emerge como resultado de muchos individuos, cada uno siguiendo sus propias reglas de decisión, viviendo juntos en algún entorno y comunicándose entre sí

y con el entorno. Por tal motivo, se reconoce a la modelación basada en agentes como una metodología bottom-up (Borshchev & Filippov, 2004).

Análisis de Redes Sociales: El análisis de redes sociales es una metodología basada en la teoría de grafos, cuyo propósito principal es examinar tanto los contenidos como los patrones de las relaciones entre los actores que conforman un sistema denominado red social y las implicaciones de estas relaciones (Tabassum, Pereira, Fernandes, & Gama, 2018). En la aplicación de este método se busca dar respuesta a preguntas del tipo: quién conoce a quién, quién comparte qué información y conocimiento con quién y por qué medios de comunicación, entre otras (Serrat, 2017).

Una red social, según Wasserman y Faust (1994) se define como un conjunto finito de nodos (individuos que conforman la red), aristas (interacciones o vínculos entre nodos); y flujos (la direccionalidad de dichas relaciones. La información sobre la red se obtiene mediante la recolección de datos empíricos denominados datos relacionales o datos de red (Marin & Wellman, 2010). Según Franco y Ruiz (2019), del análisis de los datos de red recopilados se derivan diversos indicadores que permiten caracterizar el sistema y hacer inferencias sobre el mismo, tales como el grado de centralidad, intermediación, la centralidad eigenvector, la densidad de la red, entre otros (Acevedo, Zabala, Roja, & Guayán, 2020).

Teniendo en cuenta que cada uno de los paradigmas descritos anteriormente aporta a la comprensión de los sistemas complejos adaptables desde diferentes enfoques que podrían ser complementarios, y que además “la incertidumbre fundamental del conocimiento científico -sobre todo sobre fenómenos sociales complejos y dinámicos- puede abordarse mejor a través de las múltiples perspectivas de diversos métodos que a través de la lente limitada de uno solo” (Greene, Benjamin, & Goodyear, 2001), se propone una metodología de modelación mixta entre análisis de redes sociales, modelación basada en agentes y dinámica de sistemas, esto a través de tres fases:

Fase 1. Modelado de la estructura del sistema

El propósito principal de esta fase es poder identificar las redes y patrones de relacionamiento entre los actores que componen el sistema a estudiar y construir un modelo que represente dichas relaciones, además de servir de guía o insumo para las siguientes fases. Para desarrollar esta fase se propone realizar un análisis de redes sociales.

Fase 2. Modelado del comportamiento emergente del sistema.

En la segunda fase se pretende identificar la conducta individual de los agentes que componen al sistema a estudiar y construir un modelo que represente el comportamiento de dicho sistema desde una perspectiva desagregada, teniendo en cuenta, además, los resultados obtenidos en la fase anterior. Para desarrollar esta fase se propone utilizar la metodología de modelación basada en agentes.

Fase 3. Modelado del comportamiento agregado del sistema.

El objetivo de esta última fase es poder identificar y construir un modelo del sistema de interés que represente las dinámicas que surgen a nivel macro y las relaciones causales entre las variables que componen dicho sistema, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la fase anterior. Para desarrollar esta fase se propone utilizar la metodología de dinámica de sistemas.

Además, dentro de cada una de las fases se propone ejecutar una serie de etapas para construir los modelos planteados:

Etapas 1. Definición del problema: Etapa que tiene por objetivo la definición del propósito en el que se enfocará la investigación. Para lo cual se parte del estudio de los avances realizados en las temáticas pertinentes, hasta la identificación de los comportamientos problemáticos.

Etapas 2. Identificación de insumos necesarios para construir el modelo: Dependiendo de la fase los insumos necesarios para el modelo respectivo varían, pero en esencia en esta etapa se pretende identificar y comprender los

elementos considerados clave para poder representar adecuadamente el problema mediante el modelo propuesto para cada etapa.

Etapa 3. Construcción del modelo: Tomando como insumos los resultados de las etapas anteriores, se formaliza el modelo computacional, el cual también debe ser alimentado con parámetros y valores iniciales que permitan realizar las simulaciones.

Etapa 4. Verificación y validación: En esta etapa se busca garantizar que el modelo funcione correctamente y que también represente el sistema en estudio, las pruebas a realizar variarán dependiendo del tipo de modelo o la etapa en la que se encuentre el proyecto.

Etapa 5. Evaluación del modelo: Para los modelos de simulación interesa realizar experimentos del tipo “¿qué pasaría sí...?”, como medio para un mejor entendimiento del problema y localizar los parámetros más sensibles en el modelo, así como los posibles efectos de las decisiones en política. En el modelo de análisis de redes sociales interesa extraer y procesar patrones, identificar cambios e interpretar resultados con respecto a los objetivos de la investigación.

Finalmente, como parte de la metodología de modelación mixta, entre el proceso de finalización de una fase y comienzo de la siguiente se debe incluir una fase de coordinación entre modelos que permita el proceso de realimentación entre ellos. Además de una etapa final en la fase 3 cuyo propósito es la integración de los tres modelos en un metamodelo.

3. Resultados y Discusión

De la presente propuesta se espera, en primera instancia, contribuir a la generación de teoría en la temática del papel de la innovación como mecanismo para afrontar los Grandes Desafíos Globales y como segundo, el desarrollo de un modelo de simulación, validado a partir de la aplicación de diversas técnicas, que permita a formuladores de políticas realizar un análisis longitudinal y dinámico en el que se evalúen los posibles efectos de la combinación de propuestas de políticas de los distintos marcos de CTI para diseñar una mezcla adecuada de instrumentos de cada orientación, teniendo la capacidad de tener

en cuenta cada contexto. Además, se espera que la combinación de herramientas y paradigmas de simulación descritos permita abordar el fenómeno tanto desde una perspectiva bottom-up como top-down, reconociendo la complejidad del sistema en estudio.

4. Conclusiones

De la presente propuesta de investigación se resaltan los siguientes aspectos:

- I. Es un trabajo que aborda un problema actual e importante para el Colombia (y el Sur Global en general) como lo es el diseño de una mezcla adecuada de instrumentos y la asignación de recursos, que normalmente son escasos e insuficientes, a políticas públicas de CTI, en el cual se plantea una solución desde una mirada ingenieril, basada en la combinación de paradigmas de simulación y herramientas computacionales que se han diseñado para abordar problemas de alta complejidad.
- II. Es un trabajo que apunta a abordar un vacío del conocimiento, pues no se ha identificado en la literatura ninguna herramienta que le permita a los formuladores de políticas realizar un análisis longitudinal y dinámico en el que se evalúen los diferentes marcos de políticas de CTI y la posible combinación de sus instrumentos para poder obtener información confiable y las bases teóricas necesarias para formular políticas públicas realmente efectivas.
- III. El proyecto tiene la posibilidad de ser presentado a convocatorias de investigación, donde se pueden obtener recursos para llevarlo a cabo y vincular tanto a estudiantes de maestría como de doctorado, con lo cual se fomentaría la vocación científica en Colombia y, principalmente, abordar una problemática evidente en los hacedores de política pública de CTI, quienes no poseen herramientas de este tipo, que les permita, en alguna medida, tener mayor comprensión de los posibles efectos de sus mezclas de instrumentos de política de CTI en el desempeño innovador, económico, social y ambiental.

5. Bibliografía

- Acevedo, C., Zabala, S., Roja, J., & Guayán, O. (2020). Análisis de Redes Sociales como estrategia para estudiar los Sistemas de Innovación. Revisión sistemática de la literatura. *REVISTA INTERAMERICANA DE INVESTIGACIÓN, EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA*.
- Borshchev, A., & Filippov, A. (2004). From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons, Techniques, Tools. *The 22nd International Conference of the System Dynamics Society*. Oxford.
- Chaminade, C., & Lundvall, B.-A. (2019). Science, Technology and Innovation Policy – old patterns and new challenges. *Chaminade, C., & Lundvall, B. (2019). Science, Technology, and Innovation Policy: Old Patterns and New Challenges. Oxford Research Encyclopedia of Business and Management*.
- Christensen, J. L., Drejer, I., Andersen, P. H., & Holm, J. (2016). Innovation policy: how can it best make a difference? *Industry and Innovation*, 135-139.
- Crespi, G., & Dutrénit, G. (octubre de 2013). Políticas de ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo: La experiencia latinoamericana. México: Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C.
- Daniels, C., Schot, J., Chataway, J., Ramirez, M., Steinmueller, E., & Kanger, L. (2020). Transformative Innovation Policy: Insights from Colombia, Finland, Norway, South Africa and Sweden.
- de Marchi, S., & Page, S. (2014). Agent-Based Models. *Annual Review of Political Science*, 1-20.
- Edler, J., & Fargerberg, J. (2017). Innovation policy: what, why, and how. *Oxford Review of Economic Policy*, 2-23.
- Erbes, A., & Suárez, D. (2016). *Repensando el desarrollo latinoamericano. Una discusión desde los sistemas de innovación*. Buenos Aires: Universidad Nacional de General Sarmiento.
- Ergas, H. (1989). Does Technology Policy Matter? Bruselas: Centro de Estudios Europeos.
- Flanagan, K., Uyarra, E., & Laranja, M. (2011). Reconceptualising the ‘policy mix’ for innovation. *Research Policy*, 702-713.
- Franco, J. F., & Ruiz, W. (2019). Social Network Analysis for an Innovation System Generated Starting from an Agent-Based Simulation Model. *TecnoLógicas*.
- Georghiou, L. (1998). Issues in the evaluation of innovation and technology policy. *Evaluation*.
- Gibbons, M., Limiges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P., & Trow, M. (1997). *La nueva producción del conocimiento. La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*. Barcelona: Ediciones Pomares-Corredor.
- Greene, J., Benjamin, L., & Goodyear, L. (2001). The Merits of Mixing Methods in Evaluation. *Evaluation*, 25-44.
- Holland, J., & Miller, J. (1991). Artificial adaptive agents in economic theory. *The American Economic Review*, 365-370.

- Hormecheas, K. (2021). Representación de efectos de políticas de innovación transformativa en el desempeño sostenible de los sistemas de innovación. Medellín, Antioquia: Universidad Nacional de Colombia.
- Jensen, M., Johnson, B., Lorenz, E., & Lundvall, B. (2007). Forms of Knowledge and Modes of Innovation. *Research Policy*.
- Kats, J. S. (2016). What is a Complex Innovation System? *PLoS ONE*.
- Lundvall, B. (2022). Transformative policies for sustainable innovation systems. *Lund Papers in Economic History*.
- Lundvall, B.-Å. (2016). NATIONAL SYSTEMS OF INNOVATION: TOWARDS A THEORY OF INNOVATION AND INTERACTIVE LEARNING. En B.-Å. Lundvall, *The Learning Economy and the Economics of Hope* (págs. 85-106). Anthem Press.
- Lundvall, B.-A., & Borrás, S. (2005). Science, Technology and Innovation Policy. En J. Fagerberg, D. Mowery, & R. Nelson, *Innovation Handbook* (págs. 599-631). Oxford: Oxford University Press.
- Marin, A., & Wellman, B. (2010). Social Network Analysis: An Introduction. En *Handbook of Social Network Analysis*. Londres.
- Mazzucato, M. (2018). Mission-oriented innovation policies: challenges and opportunities. *Industrial and Corporate Change*.
- Miedzinski, M., Mazzucato, M., & Ekins, P. (2019). A framework for mission-oriented innovation policy roadmapping for the SDGs: The case of plastic-free oceans. *UCL Institute for Innovation and Public Purpose*.
- Richardson, G. (2009). System Dynamics, The Basic Elements of. En *Complex Systems in Finance and Econometrics*.
- Schot, J., & Steinmueller, W. (2018). New directions for innovation studies: Missions and transformations. *Research Policy*.
- Schot, J., & Steinmueller, W. (2018). Tres Marcos de Política de Innovación: I+D, Sistemas de Innovación y Cambio Transformativo. *Research Policy*.
- Sener, S., & Sarıdogan, E. (2011). The Effects Of Science-Technology-Innovation On Competitiveness And Economic Growth . *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 815–828.
- Serrat, O. (2017). Social Network Analysis. En *Knowledge Solutions*. Singapore: Springer.
- Siebers, P., Macal, C., Garnett, J., Buxton, D., & Pidd, M. (2010). Discrete-event simulation is dead, long live agent-based simulation! *Journal of Simulation*, 204-210.
- Staffan, J., & Bergek, A. (2011). Innovation system analyses and sustainability transitions: Contributions and suggestions for research. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 41-57.
- Sumari, S., Ibrahim, R., Hawaniah, N., & Ab Hamid, A. (2013). Comparing Three Simulation Model Using Taxonomy: System Dynamic Simulation, Discrete Event Simulation and Agent Based Simulation. *International Journal of Management Excellence*.
- Tabassum, S., Pereira, F., Fernandes, S., & Gama, J. (2018). Social Network Analysis: An overview. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*.

- Uriona, M., & Grobbelaar, S. (2017). *System Dynamics modelling in the Innovation Systems literature*. Globelics International Conference.
- Walsh, P., Murphy, E., & Horan, D. (2020). The role of science, technology and innovation in the UN 2030 agenda. *Technological Forecasting & Social Change*.
- Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social network analysis: Methods and applications*. Cambridge University Press.
- Weber, K., & Rohrer, H. (2012). Legitimizing research, technology and innovation policies for transformative change Combining insights from innovation systems and multi-level perspective in a comprehensive ‘failures’ framework. *Research Policy*.
- Weber, K., & Truffer, B. (2017). Moving innovation systems research to the next level: towards an integrative agenda. *Oxford Review of Economic Policy*, 101-121.
- Zhou, M., Wei, P., Zeng, X., & Deng, L. (2022). Analysis on the Differences of Combination Effects of Science and Technology Innovation Policies. *Computational Intelligence and Neuroscience*.