



La innovación tecnológica desde un enfoque de dinámica de sistema

Technological innovation from a system dynamics approach

Martha Inés Kammerer David¹  , Benjamín Murgas Téllez¹  

RESUMEN

Los modelos de desarrollo tecnológico e innovación han evolucionado con el paso del tiempo y en un contexto cada vez más globalizado. Su implementación redundó en el fortalecimiento de la competitividad a partir del desarrollo estratégico de sus capacidades humanas y técnicas. La presente investigación tiene como objetivo diseñar un modelo para la gestión de la innovación tecnológica con un enfoque de dinámica de sistemas (SD). La construcción del modelo SD tiene como referencia el análisis de los modelos encontrados en la literatura sobre la temática; la metodología aplicada plantea la definición del problema, el diagrama de bucle causal, el diagrama de flujos, el resumen de las principales ecuaciones y la validación del modelo. Se identificaron como variables principales: capital disponible para inversión en innovación, capital invertido para formación del recurso humano en alto nivel, recurso humano con formación en alto nivel, capital invertido en proyectos de innovación, contratos de servicio de innovación, utilidades de contratos de servicio de innovación y capital inicial para inversión en innovación.

Palabras clave: dinámica de sistemas, gestión de la innovación, innovación tecnológica, modelos de gestión.

Clasificación JEL: C61; O51; O52

Recibido: 17-09-2023

Revisado: 25-11-2023

Aceptado: 20-12-2023

Publicado: 15-01-2024

Editor: Carlos Alberto Gómez Cano 

¹Fundación Universitaria Colombo Internacional. Cartagena, Colombia.

Citar como: Kammerer, M. y Murgas, B. (2024). La innovación tecnológica desde un enfoque de dinámica de sistema. Región Científica, 5(1), 2024217. <https://doi.org/10.58765/rc2024217>

INTRODUCCIÓN

El desarrollo humano de por sí exige cada vez mejores condiciones de vida, a partir de la búsqueda de soluciones novedosas para su desenvolvimiento en la sociedad. En el actual entorno global, competitivo y cambiante que enfrentan las organizaciones, la innovación se perfila como una herramienta que genera ventajas competitivas (Huang *et al.*, 2023). Existe un creciente consenso internacional sobre la importancia del conocimiento y del aprendizaje como eje central del desarrollo económico (Gortari y de Santos, 2006; Jiménez y Palácio, 2010), en este sentido, Briede y Rebolledo (2010) reconocen que el proceso de innovar productos y servicios cada vez es más difícil en un mundo globalizado y con una gran variedad de ofertas.

El desarrollo de las sociedades y en especial de Latinoamérica, implica la generación de estrategias gubernamentales que aumenten cada vez más el acceso a la ciencia y la tecnología (Khan *et al.*, 2021; Lillford y Hermansson, 2021), mediante incentivos que permitan aumentar su producción y socialización. Varias investigaciones demuestran cómo el



desarrollo de capacidades de innovación influye en la creación de ventajas competitivas (Sossa *et al.*, 2012). Para Morales *et al.* (2012) la innovación está presente en los diferentes cambios económicos y sociales alcanzados con el paso del tiempo desde aportes de las escuelas clásicas y neoclásicas de economía. Reconoce, además, al economista Joseph Schumpeter como el autor con un primer acercamiento formal al concepto.

Posteriormente, aparecieron conceptos como: “gestión de la innovación”; sistemas de innovación derivados del surgimiento y desarrollo industrial y de los procesos productivos; la necesidad de formalización el proceso de I+D y entender el entorno en el que se desarrollan y aplican las innovaciones (Geissinger *et al.*, 2023). En un mundo cada vez más globalizado y dominado por el libre comercio, se perfila de gran importancia el trabajo en equipo, la integración de estrategias entre diferentes centros de ciencia y tecnología, tanto públicos como privados, que potencien la innovación tecnológica en el diseño de procesos productivos y servicios (Abello, 2007).

Existen muchas acepciones a cerca de los tipos de innovación, pero no una clasificación que los integre en su totalidad. Algunas de las clasificaciones son: innovaciones de producto, de proceso (las que tienen relación directa con el concepto de innovación tecnológica) y las innovaciones de mercadotecnia y de organización; de otro lado, la concepción del cambio o grado de novedad en el producto (Mera y Paredes, 2014).

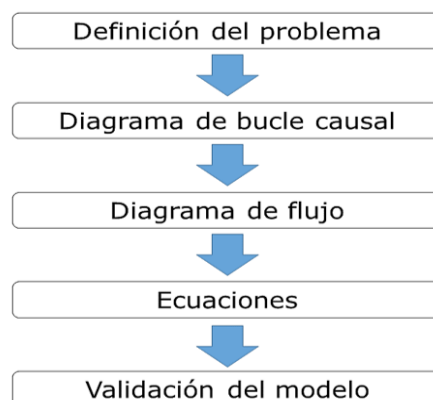
En esta investigación documental, en primer lugar, se hizo una revisión conceptual de gestión, innovación, tecnología y centros de innovación y desarrollo tecnológico. En segunda instancia, se revisó la manera como ha ido evolucionando el proceso de innovación y, posteriormente, se observaron los diferentes modelos para la gestión del proceso de innovación dentro de las instituciones. Este documento tiene como propósito principal la creación de un modelo desde un enfoque de dinámica de sistemas (SD) para la gestión de la innovación tecnológica, como herramienta descriptiva y de análisis que permita mejor planeación y direccionamiento de esfuerzos en el sector.

La estructura del documento, en principio, contiene una revisión de la literatura pertinente, tanto de innovación como de SD. Por último, se esbozan las conclusiones, contribuciones y agradecimientos.

METODOLOGÍA

Se desarrolló una investigación de tipo cuantitativa descriptiva, basada en la aplicación de los conceptos de dinámica de sistema, para determinar relaciones causales entre diferentes variables que influyen en la gestión de la innovación. La investigación se estructura en dos fases principales, la primera, se realiza una revisión sistemática con el objetivo de esclarecer los principales conceptos relacionados con la gestión de la innovación tecnológica. Los descriptores utilizados en la búsqueda fueron: innovación, gestión de la innovación, gestión tecnológica y modelos de gestión de la innovación. La segunda, en donde se desarrolla un modelo SD que tiene como referencia el análisis de los modelos encontrados en la literatura.

Figura 1.
Procedimiento propuesto para el desarrollo de la investigación



Fuente: elaboración propia

El procedimiento está estructurado en cinco etapas:

Etapa 1. Definición del problema. El equipo de trabajo debe ser lo suficientemente exhaustivo en la identificación de las diferentes variables que influyen en el buen funcionamiento del proceso, esto permitirá tener claros las

metas y objetivos del modelo matemático. Se pueden realizar reuniones de trabajo en equipo donde se confronten criterios, la observación participativa de procesos o fotografías individuales y colectivas.

Etapa 2. Diagrama de bucle causal. Se construye el diagrama de bucle causal en función de las relaciones de influencia-dependencia encontradas en el paso previo. Se realiza un análisis de sus interacciones y la modelación no debe perder de vista los objetivos del problema, sus componentes y variables.

Etapa 3. Diagrama de flujo. Para la estructuración del modelo de flujo se debe tener en cuenta el modelo causal, la identificación de las variables de nivel, los flujos de entrada y salida de cada nivel y, además, las relaciones de entrada y salida para cada variable auxiliar. En la presente investigación se utilizó el software Vensim PLE para representar los stocks y el diagrama de flujo.

Etapa 4. Ecuaciones. La interacción de varios factores en el diagrama de causalidad del modelo de dinámica del sistema es en realidad una relación matemática, y el diagrama de flujo de la estructura es específico de esta relación matemática existente entre las variables. De acuerdo con el circuito de retroalimentación de la interacción entre cada módulo del sistema, así como los datos fácticos y la teoría de la investigación relacionada, se establece la ecuación cuantitativa entre las variables (Xue y Xu, 2017).

Etapa 5. Validación del modelo. Consiste en realizar pruebas al modelo propuesto para evaluar si es coherente con el propósito planteado. Se debe realizar un análisis del comportamiento de las variables significativas del modelo, una vez realizada la modelación con los parámetros establecidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Existen un amplio grupo de investigadores y organismos de cooperación internacional que han realizado muchos aportes que nos ayudan a entender los conceptos de investigación, desarrollo e innovación I+D+i (de Normalización and AENOR, 2006). La gestión de la innovación para la estratégicamente es un instrumento directivo de gran relevancia por su aporte al éxito y al desarrollo de la organización (Asociación de la Industria Navarra, 2008).

Gestión de la innovación

Da cuenta de la organización y dirección de los diferentes recursos con los que cuenta la empresa, orientados a incrementar la creación de nuevos conocimientos e ideas técnicas que, mediante su aplicación o uso, permitan producir nuevos productos, procesos y servicios, como mejorar los ya existentes, o contribuir al mejoramiento de la fase de distribución o mercadeo. Consideran, además, que la gestión de la innovación se cristaliza mediante la ejecución de las siguientes ocho fases: 1) La Innovación como estrategia, 2) Creatividad e Innovación, 3) Vigilancia Estratégica, Benchmarking e Inteligencia competitiva, 4) Gestión de proyectos, 5) Financiación de la Innovación, 6) El aseguramiento de la Innovación 7) La explotación de la Innovación y 8) Gestión del conocimiento.

Gestión Tecnológica

La gestión tecnológica es el proceso de planificación, organización, dirección y control de las actividades relacionadas con la tecnología necesaria en la ejecución de los procesos desarrollados en la empresa. Adicionalmente, Solleiro (2009) la concibe como el conjunto de técnicas que permite a una organización la elaboración y ejecución de sus planes de innovación y mejora para mantener o aumentar su posición competitiva. Por ello, se puede concluir que la gestión tecnológica es la vía óptima para combinar recursos humanos, técnicos y financieros para el cumplimiento de los objetivos de la organización, que se materializa en la estrategia tecnológica y en el plan estratégico de desarrollo tecnológico (Gallego, 2005), mediante el desarrollo de las funciones de: a) Inventariar, b) Vigilar, c) Evaluar, d) Enriquecer, e) Optimizar y f) Proteger.

Modelos de gestión de la innovación tecnológica

La gestión de la innovación no se encuentra unificada en el desarrollo de un solo modelo, sino que existe una gran variedad de enfoques y niveles de complejidad. En la tabla 1 se realiza un análisis de algunos modelos de gestión de la innovación. Entre los conceptos relevantes que ayudan a reforzar la comprensión adecuada de lo concerniente con I+D+i, tenemos: investigación, desarrollo tecnológico, innovación, entre otros.

Tabla 1.
Análisis de Modelos de Gestión de la Innovación Tecnológica.

Modelo de gestión de la Innovación	Autor	Características
Funciones Básicas Gestión de la Innovación	(Saren, 1984)	Se garantiza la sostenibilidad de la empresa mediante la implementación de las funciones básicas: inventariar, evaluar, vigilar, optimizar y proteger.
Modelo de gestión de la innovación tecnológica (COTEC)	(Cotec, 2001)	Modelo dinámico. Propone cinco funciones: vigilar, focalizarse, capacitar, implantar y aprender.
Generalitat de Cataluña	(CIDEM, 2002)	La gestión de la innovación se consolida en cuatro funciones: generación de nuevos conceptos, desarrollo de productos, reingeniería de procesos productivos, reingeniería de procesos de comercialización; soportadas en la gestión del conocimiento y la tecnología
Kaplan y Norton	(Kaplan y Norton, 2004)	Se fundamenta en una estrategia innovadora a nivel operativo, que forma parte de una estrategia general de innovación de la empresa como vía para alcanzar la competitividad. Se percibe desde las cuatro perspectivas fundamentales del Cuadro de Mando Integral.
Sistemas de Gestión de la I+D+I (Norma UNE 166.002)	(de Normalización y AENOR, 2006)	Aborda la responsabilidad de los gestores en el proceso de gestión de la innovación como proceso clave, los procesos de apoyo, con la descripción de herramientas de gestión, recursos, medición y acciones de mejora del sistema.
Innovación en la PYMIS	(Arzola y Mejías, 2007)	Las actividades de I+D+i fundamenta en: responsabilidad de la dirección, gestión de los recursos, desarrollo de procesos y a la medición y mejora de los resultados.
Innovación en el Sector Servicios	(Salazar <i>et al.</i> , 2010)	Se estructura en siete funciones fundamentales: liderazgo, planificación estratégica, procesos, satisfacción de clientes, organización, competencia de recurso humano y responsabilidad social.

Fuente: Elaboración propia a partir de Arzola y Mejías (2007)

Aplicación del procedimiento propuesto

Etapa 1. Definición del problema

Se definió como el objetivo del modelo relacionar las variables de gestión de la innovación tecnológica con las decisiones de formación de recursos humanos de alto nivel y el desarrollo de proyectos de innovación para mejorar los productos y procesos de la empresa. Además, la generación de ingresos mediante la ejecución de contratos de servicios de innovación, cuya utilidad –una vez descontados los dividendos– se convierte en la fuente de financiación permanente del proceso de innovación.

El recurso humano con formación en alto nivel es una variable decisiva debido a que ella genera Horas Hombre con capacidad innovadora que inciden directamente, tanto en los proyectos de innovación, como en los contratos de servicio de innovación.

Las principales variables que se identifica son: capital disponible para inversión en innovación; capital invertido para formación del recurso humano en alto nivel; recurso humano con formación en alto nivel; capital invertido en proyectos de innovación; contratos de servicio de innovación; utilidades de contratos de servicio de innovación y capital inicial para inversión en innovación.

En la tabla 2 se hace un marco referencial por temáticas, de trabajos de investigaciones realizados bajo el enfoque de dinámica de sistema y relacionados con procesos de innovación.

Tabla 2.*Temáticas de dinámica de sistemas en relación con la innovación*

Temática	Autores	Aspectos importantes
Coevolución de la innovación	(Castellacci, 2018; Luna Reyes y Gil Garcia, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> • Interacciones entre todas estas variables en el desarrollo de la digitalización en el gobierno • Dimensiones principales: capital físico, I + D e innovación, capital humano y dinámica de la población
	(Chen y Wakeland, 2016; Choi <i>et al.</i> , 2016; Nieuwenhuijsen <i>et al.</i> , 2018; Timma <i>et al.</i> , 2015; Tsai y Hung, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> • Examina el sistema desde una perspectiva funcional y operativizan el vínculo entre previsión y planificación • Combina el estudio empírico con el modelado de dinámica de sistemas • Modelo integrado de difusión de múltiples generaciones (mercado y productos) • Planificación tecnológica futura y el despliegue estratégico • La difusión de la computación en la nube es afectada por la calidad del servicio, el grado de madurez de la infraestructura, el precio, el grado de madurez tecnológica • Identificación de las tecnologías críticas • Proceso del producto y de las innovaciones se llevan a cabo de forma paralela, en lugar de secuencial
Previsión y difusión de la innovación tecnológica	(Musango <i>et al.</i> , 2012; Walrave y Raven, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Interacción entre tecnologías competidoras • Integra el concepto de “motores de innovación” con la noción de “vías de transición”, que se desarrolló como parte del pensamiento del marco multinivel • La tecnología se considera como resultado de la innovación • Innovación tecnológica emergentes
Sistemas de innovación tecnológica	(Grüneisen <i>et al.</i> , 2015; Hsieh y Chou, 2018; Kasperek <i>et al.</i> , 2014)	<ul style="list-style-type: none"> • Mecanismos de evaluación de los impactos de procesos de innovación • Análisis y previsión del impacto de los cambios cíclicos dentro de los procesos de innovación • Tipos de ciclos: Ciclos internos (cambio de ingeniería, recursos de fabricación y procesos de formación de equipos) y Ciclos ambientales externos (dependencias y demandas relacionadas con el gobierno y los clientes)
	(Xu <i>et al.</i> , 2012; Xue y Xu, 2017)	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de la capacidad de innovación de TI: Cooperación universidad - industria, personal de TI y la inversión en I + D empresarial, arreglos organizativos, estrategia razonable y una cultura innovadora • La sinergia entre la innovación tecnológica y de marketing es de gran importancia para la internalización de tecnologías y recursos introducidos

Impacto de los procesos de innovación	(Gu <i>et al.</i> , 2011; Zaim <i>et al.</i> , 2013)	<ul style="list-style-type: none"> Componentes del conocimiento: creación o generación, almacenamiento o recuperación, transferencia o intercambio, y utilización Desarrollo de modelos de simulación por computadora que retratan los procesos de acumulación y retroalimentación
	(Qian <i>et al.</i> , 2012; Wu <i>et al.</i> , 2010)	<ul style="list-style-type: none"> Identificación de las diferencias entre la toma de decisiones basada en el riesgo de la innovación tecnológica desde el punto de vista del equipo emprendedor y el problema tradicional de toma de decisiones individuales. Análisis de capacidad de respuesta a incidentes para controlar la gravedad de los incidentes Evaluación de sostenibilidad de tecnologías
Capacidad de innovación	(Ramírez, 2017; Robledo y Ceballos, 2008)	<ul style="list-style-type: none"> Integrar conceptos del marco de los medios de vida sostenibles y de la gestión tecnológica. Evolución del proceso de introducción de nuevas tecnologías. Reconocer la función de I+D dentro de las Pymes. Cuadro de Mando Integral para pequeñas y medianas empresas basados en la gestión de la innovación tecnológica. Se analiza la dinámica de una red logística a partir del uso de tecnologías para el rediseño de cualquiera de sus nodos.

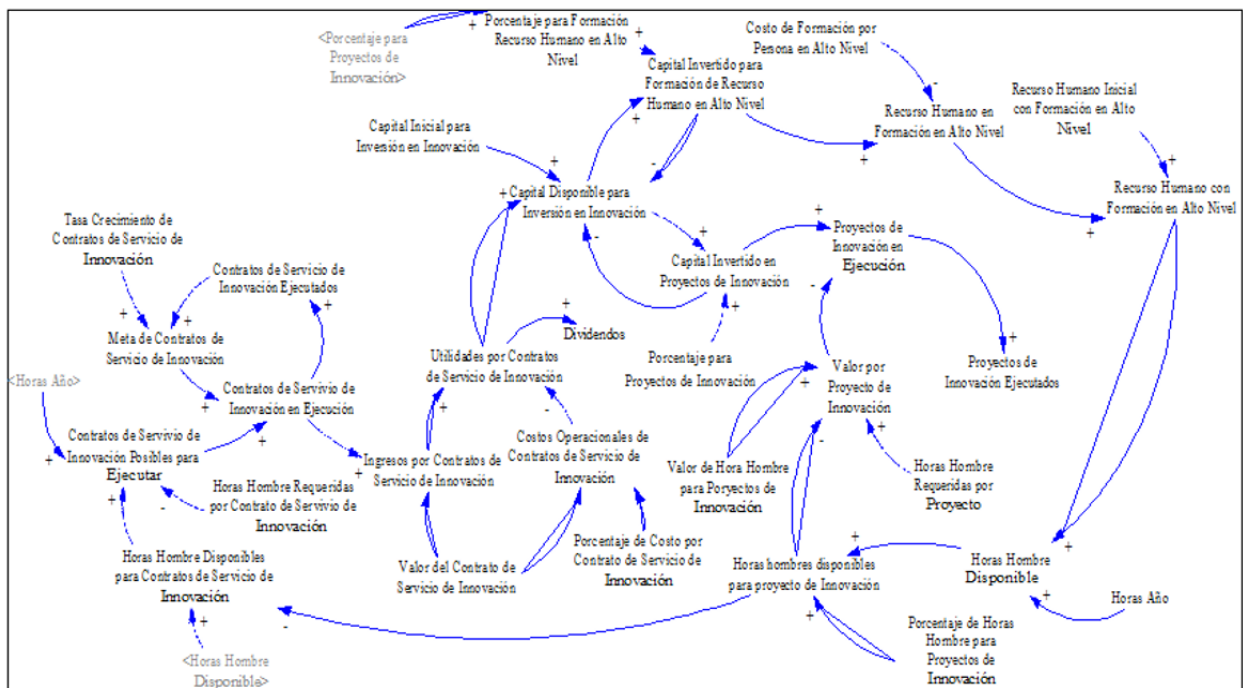
Fuente: elaboración propia

Etapa 2. Diagrama de bucle causal

En la figura 2 se muestra el diagrama de bucle causal; el modelo muestra el porcentaje de capital disponible para la inversión en innovación, como la distribución que se hace, por un lado, para la formación de recurso humano de alto nivel y, por el otro, la inversión destinada para proyectos de innovación.

Figura 2.

Diagrama de bucle causal: resumen de los principales bucles de retroalimentación



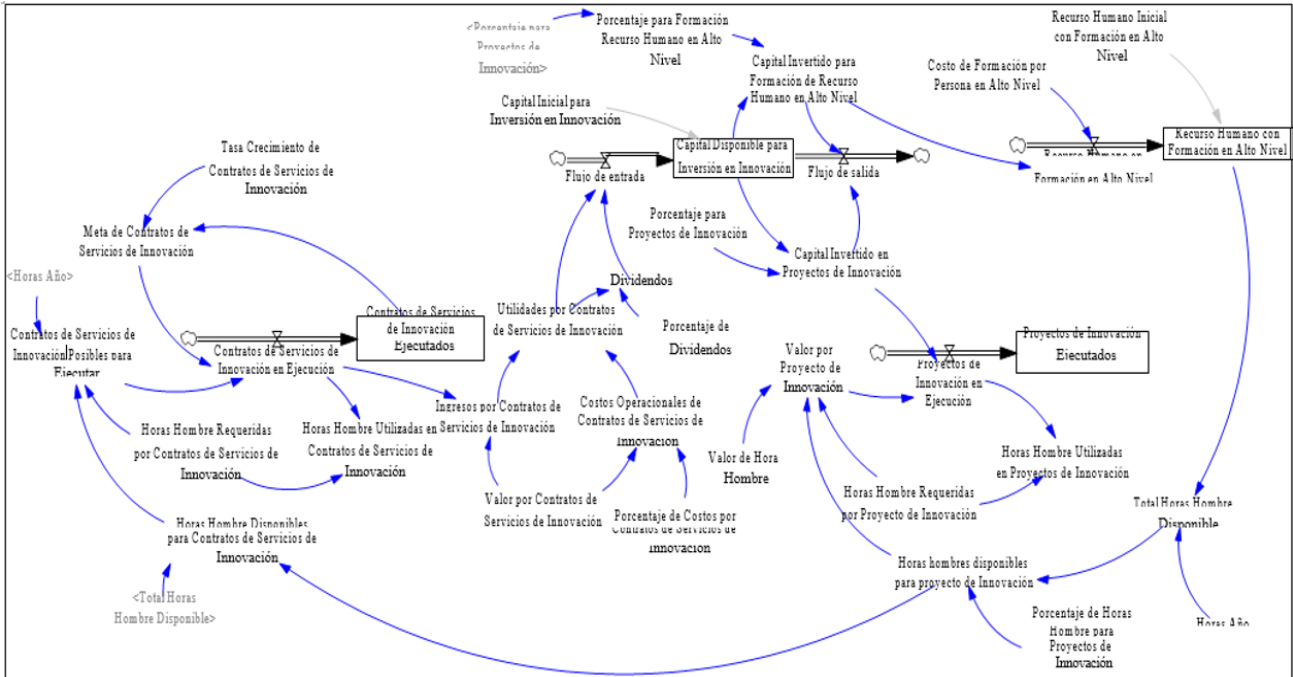
Fuente: elaboración propia

Etapa 3. Diagrama de flujo

La figura 3 muestra el diagrama de flujos y se construyó en función del diagrama de bucle causal. Se identifican cuatro variables de estado: capital disponible para inversión en innovación; recurso humano con formación en alto nivel; proyectos de inversión ejecutados y contratos de servicio de innovación ejecutados. El flujo de entrada en la variable Capital disponible para inversión en innovación corresponde a las utilidades, una vez se descuenta lo correspondiente a dividendos, mientras que el flujo de salida corresponde al capital invertido para formación del recurso humano en alto nivel, más el capital invertido en proyectos de innovación.

Figura 3.

Diagrama de flujo del proceso de gestión de la innovación



Fuente: elaboración propia

Por su parte, los flujos de entrada respectivamente de las otras variables de estado son el recurso humano en formación en alto nivel, los proyectos de innovación en ejecución y contratos de servicio de innovación en ejecución. Las demás variables son auxiliares, constantes y relacionadas mediante los arcos o flechas.

Etapa 4. Ecuaciones

Tabla 3.
Sistema de ecuaciones del modelo

No	Variables	Tipo	Unidad	Fórmula
1	Capital Disponible para Inversión en Innovación	Nivel	pesos	INTEG (Flujo de entrada-Flujo de salida, Capital Inicial para Inversión en Innovación)
2	Capital Inicial para Inversión en Innovación	Constante	pesos	
3	Capital Invertido en Proyectos de Innovación	Auxiliar	pesos	Capital Disponible para Inversión en Innovación*Porcentaje para Proyectos de Innovación
4	Capital Invertido para Formación de Recurso Humano en Alto Nivel	Auxiliar	pesos	Capital Disponible para Inversión en Innovación*Porcentaje para Formación en Recurso Humano en Alto Nivel
5	Contratos de Servicios de Innovación Ejecutados	Nivel	contratos	INTEG (Contratos de Servicios de Innovación en Ejecución, 0)

6	Contratos de Servicios de Innovación en Ejecución	Auxiliar	contratos	IF THEN ELSE(Meta de Contratos de Servicios de Innovación<=Contratos de Servicios de Innovación Posibles para Ejecutar, Meta de Contratos de Servicios de Innovación, Contratos de Servicios de Innovación Posibles para Ejecutar)
7	Contratos de Servicios de Innovación Posibles para Ejecutar	Auxiliar	contratos	IF THEN ELSE (Horas Hombre Requeridas por Contratos de Servicios de Innovación <=Horas Hombre Disponibles para Contratos de Servicios de Innovación, INTEGER (Horas Año / Horas Hombre Requeridas por Contratos de Servicios de Innovación), 0)
8	Costo de Formación por Persona en Alto Nivel	Auxiliar	pesos/persona	RANDOM UNIFORM(7.5e+07, 1.5e+08, 0)
9	Costos Operacionales de Contratos de Servicios de Innovación	Auxiliar	pesos	Valor por Contratos de Servicios de Innovación*Porcentaje de Costos por Contratos de Servicios de Innovación
10	Dividendos	Auxiliar	pesos	Utilidades por Contratos de Servicios de Innovación*Porcentaje de Dividendos
11	Flujo de entrada	Auxiliar	pesos	Utilidades por Contratos de Servicios de Innovación-Dividendos

Fuente: elaboración propia

Etapa 5. Validación del modelo

Tabla 4.
Parámetros establecidos para la validación del modelo

Parámetros	Valor inicial	Unidad
Capital Inicial para Inversión en Innovación	2000,000,000	pesos
Contratos de Servicios de Innovación Ejecutados	0	contratos
Costo de Formación por Persona en Alto Nivel	75,000,000 Msc. 150,000,000 PhD	pesos/persona
Horas Año	Constante	horas
Horas Hombre Requeridas por Contratos de Servicios de Innovación	240 a 2880	horas
Horas Hombre Requeridas por Proyecto de Innovación	240 a 2880	horas
Porcentaje de Costos por Contratos de Servicios de Innovación	0.6	porcentaje
Porcentaje de Dividendos	0.1	porcentaje
Porcentaje de Horas Hombre para Proyectos de Innovación	0.5	porcentaje
Porcentaje para Proyectos de Innovación	0.7	porcentaje
Proyectos de Innovación Ejecutados	0	proyecto
Recurso Humano Inicial con Formación en Alto Nivel	10	personas
Tasa Crecimiento de Contratos de Servicios de Innovación	0.1	porcentaje
Valor de Hora Hombre	55,000 MSc 65,000 PhD	pesos
Valor por Contratos de Servicios de Innovación	20,000,000 a 100,000,000	pesos

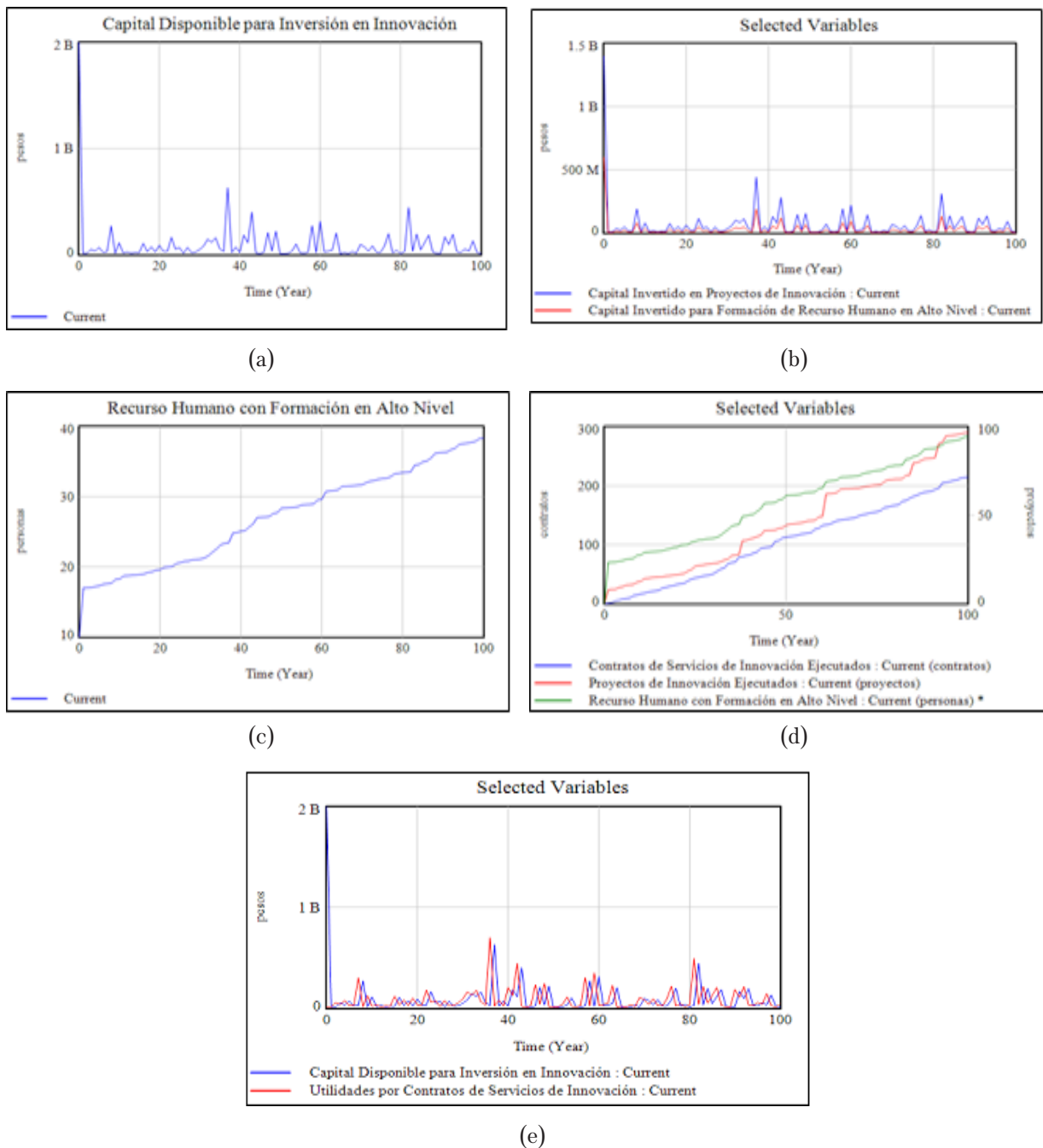
Fuente: elaboración propia

En la figura 4 (a) se muestra el comportamiento del capital disponible para inversión, que al inicio presenta un alto nivel, debido al efecto producido por el capital inicial. Posteriormente, su tendencia baja, porque depende solo del nivel de las utilidades. En la figura 4 (b) se observa el comportamiento del capital invertido en proyectos de innovación frente al capital destinado para formación del recurso humano en alto nivel, donde el primero muestra

una mayor inversión originada por el mayor porcentaje destinado para el mismo. Al inicio se nota una mayor cuantía, debido a la incidencia del capital inicial. En la figura 4 (c) se evidencia el comportamiento del recurso humano con formación en alto nivel, que parte de 10 debido a que es el recurso humano con formación en alto nivel existente inicialmente.

Después, en la figura 4 (d) se ve que, a medida que crece el recurso humano con formación en alto nivel, también lo hacen los contratos de servicio de innovación ejecutados y los proyectos de innovación ejecutados; esto se debe a que se incrementan las Horas Hombre disponibles con capacidad de innovación, que inciden directamente en el crecimiento de estos. Por último, en la figura 4 (e) se presenta el comportamiento del capital disponible para inversión en innovación, frente a las utilidades por contrato de servicio de innovación, donde se ve, al inicio, un mayor nivel del capital disponible para inversión, debido al efecto del capital inicial, pero en adelante prácticamente el comportamiento es el mismo, debido a que el capital para inversión corresponde a las utilidades.

Figura 4.
Comportamiento de las variables significativas del modelo



Fuente: elaboración propia

CONCLUSIONES

Se ha desarrollado un modelo basado en la dinámica de sistemas, que brinda una perspectiva integral para analizar las complejas interacciones entre diversas variables clave en el proceso de innovación tecnológica. Este modelo se enfoca principalmente en tres aspectos fundamentales: la competencia del recurso humano en la generación de innovación; la inversión en proyectos de innovación y la generación de ingresos a través de la provisión de servicios innovadores.

Este modelo se centra en la innovación interna de la empresa y no tiene en cuenta la transferencia de innovación desde fuentes externas. Es decir, se concentra en cómo la organización utiliza sus recursos internos y capacidades para impulsar la innovación. Sin embargo, es relevante reconocer que la innovación también puede provenir de fuentes externas, como alianzas estratégicas, colaboraciones con otras empresas o la adquisición de tecnologías patentadas. Esto abre la puerta a investigaciones futuras que podrían ampliar el modelo para abordar la transferencia de innovación desde el exterior y evaluar su impacto en el proceso de innovación tecnológica.

En síntesis, este modelo de dinámica de sistemas proporciona una valiosa herramienta para comprender y gestionar las complejas dinámicas relacionadas con la innovación tecnológica en el ámbito empresarial. Aunque se ha limitado a analizar la innovación interna, su flexibilidad permite una expansión para incorporar elementos de innovación externa en investigaciones posteriores, lo que enriquecería aún más nuestra comprensión de este proceso en el entorno empresarial.

REFERENCIAS

- Abello, R. (2007). Factores claves en las alianzas universidad – industria como soporte de la productividad en la industrial local. *Investigación y Desarrollo*, 15(1), 208–225. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=26815108>
- Arzola, M., y Mejías, A. (2007). Modelo conceptual para gestionar la innovación en las empresas del sector servicios. *Revista Venezolana de Gerencia*, 12(37), 66–79. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29003706>
- Asociación de la Industria Navarra, A. (2008). Guía práctica: La gestión de la Innovación en 8 pasos. Anain - Agencia Navarra De Innovación, 104. <https://www.studocu.com/ec/document/instituto-tecnologico-bolivariano-de-tecnologia/administracion/01-guia-practica-la-gestion-de-la-innovacion-en-8-pasos-autor-asociacion-de-la-industria-navarra/36333803>
- Briede J., y Rebolledo, A. (2010). Nuevos modelos para la innovación en el diseño conceptual de productos : “Mapa del estado del arte de la propuesta conceptual”. *Theoria*, 19(1), 31–39. <http://www.ubiobio.cl/miweb/webfile/media/194/v/v19-1/2.pdf>
- Castellacci, F. (2018). Co-evolutionary growth : A system dynamics model. *Economic Modelling*, 70, 272–287. <http://doi.org/10.1016/j.econmod.2017.11.010>
- Chen, H., Yu, J., y Wakeland, W. (2016). Generating technology development paths to the desired future through system dynamics modeling and simulation. *Futures*, 81, 81–97. <http://doi.org/10.1016/j.futures.2016.01.002>
- Choi, K., Narasimhan, R., y Kim, S. (2016). Opening the technological innovation black box: The case of the electronics industry in Korea. *European Journal of Operational Research*, 250(1), 192–203. <http://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.08.054>
- Cotec, F. (2001). Gestión de la Innovación y la Tecnología en la Empresa. Madrid: Fundación COTEC.
- de Normalización, A. E., y AENOR, C. (2006). Norma 166002. Gestión de la I+ D+ i: Requisitos del Sistema de Gestión de la I+ D. Madrid. 24p. <https://www.aenor.com/certificacion/idi/gestion>
- Gallego J. (2005). Fundamentos de la Gestion Tecnologica e Innovacion. *Tecno Lógicas*, 15, 113-131. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=344234271005>
- Geissinger, A., Laurell, C., Öberg, C., y Sandström, C. (2023). Social media analytics for innovation management research: A systematic literature review and future research agenda. *Technovation*, 123, 102712. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2023.102712>

- Gortari, R., y de Santos, J. (2006). Estrategias para la comercialización del conocimiento: las prácticas de un centro de I+D en México. *REDES - Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 12(24), 115–130. <https://www.redalyc.org/pdf/907/90702405.pdf>
- Grüneisen, P., Stahl, B., Kasperek, D., Maurer, M., y Lohmann, B. (2015). Qualitative System Dynamics cycle network of the innovation process of Product Service Systems. *Procedia CIRP*, 30, 120–125. <http://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.189>
- Gu, L., Chen, S., y Ding, K. (2011). Research on System Dynamic Model of Chinese Innovation Talents Development. 2011 International Conference on Computer Science and Service System, Nanjing. <https://doi.org/10.1109/CSSS.2011.5974382>
- Hsieh, Y. H., y Chou, Y. H. (2018). Modeling the impact of service innovation for small and medium enterprises: A system dynamics approach. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 82, 84–102. <http://doi.org/10.1016/j.simpat.2017.12.004>
- Huang, Y., Li, K., y Li, P. (2023). Innovation ecosystems and national talent competitiveness: A country-based comparison using fsQCA. *Technological Forecasting and Social Change*, 194, 122733. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122733>
- Jiménez, S., y Palácio, M. (2010). Comunicación de la ciencia y la tecnología en museos y centros interactivos de la ciudad de Medellín. *Universidad de Humanística*, 69(69), 227–257. <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/univhumanistica/article/view/2292>
- Kaplan, R., y Norton, D. (2004). Mapas estratégicos: cómo convertir los activos intangibles en resultados tangibles. *Gestión 2000*.
- Kasperek, D., Chucholowski, N., Maisenbacher, S., Lindemann, U., y Maurer, M. (2014). A method for impact analysis of cyclic changes within innovation processes of PSS. *Procedia CIRP*, 16, 205–210. <http://doi.org/10.1016/j.procir.2014.02.008>
- Khan, A., Kamruzzaman, M., Rahman, M., Mahmood, M., y Uddin, M. (2021). Quality of life in the COVID-19 outbreak: influence of psychological distress, government strategies, social distancing, and emotional recovery. *Heliyon*, 7(3), e06407. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06407>
- Lillford, P., y Hermansson, A. (2021). Global missions and the critical needs of food science and technology. *Trends in Food Science & Technology*, 111, 800-811. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.04.009>
- Luna, L., y Gil, J. (2014). Digital government transformation and internet portals: The co- evolution of technology, organizations, and institutions. *Government Information Quarterly*, 31(4), 545–555. <http://doi.org/10.1016/j.giq.2014.08.001>
- Mera, O., y Paredes, E. (2014). *Propuesta para la Creación del Centro de Investigación Desarrollo e Innovación I+D+I de Tecnologías de la Información de la Escuela Politécnica Nacional*. [Tesis de maestría, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio EPN. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8990>
- Morales, E., Riaga, O., Cante, A., y Alejandra, M. (2012). Factores determinantes de los procesos de innovación: una mirada a la situación en Latinoamérica. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 72, 148–163. <https://doi.org/10.21158/01208160.n72.2012.573>
- Musango, J., Brent, A., Amigun, B., Pretorius, L., y Müller, H. (2012). A system dynamics approach to technology sustainability assessment: The case of biodiesel developments in South Africa. *Technovation*, 32(11), 639–651. <http://doi.org/10.1016/j.technovation.2012.06.003>
- Nieuwenhuijsen, J., Correia, G., Milakis, D., van Arem, B., y van Daalen, E. (2018). Towards a quantitative method to analyze the long-term innovation diffusion of automated vehicles technology using system dynamics. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 86, 300–327. <http://doi.org/10.1016/j.trc.2017.11.016>

- Qian, Y., Fang, Y., y Gonzalez, J. (2012). Managing information security risks during new technology adoption. *Computers and Security*, 31(8), 859–869. <http://doi.org/10.1016/j.cose.2012.09.001>
- Ramírez, M. (2017). Perspectiva de gestión de tecnología en redes logísticas. 8^o Congreso Latinoamericano, Colombia. https://www.researchgate.net/publication/319987939_Management_Perspective_of_technology_in_logistics_networks
- Robledo, J., y Ceballos, Y. F. (2008). Estudio de un proceso de innovación utilizando la dinámica de sistemas. *Cuadernos de Administracion*, 21(35), 127–159. https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/cuadernos_admon/article/view/3973
- Salazar, M., Arzola, M., y Pérez, E. (2010). Gestión de la innovación para las Pymis de Ciudad Guayana. *Revista Venezolana de Gerencia*, 15(51), 446–461. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-99842010000300006
- Saren, M. (1984). A classification and review of models of the intra-firm innovation process. *R&d Management*, 14(11), 11–24. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.1984.tb00504.x>
- Solleiro, J. (2009). *Gestión Tecnológica: Conceptos y Prácticas*. Plaza y Valdes, S.A. <https://books.google.com.cu/books?id=gMeBMAEACAAJ>
- Sossa, J., Ruiz, S., Copete, H., Velez, A., y Medina, J. (2012). ADN de la innovación—de factores claves de innovación en 21 empresas del sector agroindustrial. *Bioteconología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(2), 197–206. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/bioteconologia/article/view/259>
- Timma, L., Bariss, U., Blumberga, A., y Blumberga, D. (2015). Outlining Innovation Diffusion Processes in Households Using System Dynamics. Case Study: Energy Efficiency Lighting. *Energy Procedia*, 75, 2859–2864. <http://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.574>
- Tsai, J. M., y Hung, S. W. (2014). A novel model of technology diffusion: System dynamics perspective for cloud computing. *Journal of Engineering and Technology Management-JET-M*, 33, 47–62. <http://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2014.02.003>
- Walrave, B., y Raven, R. (2016). Modelling the dynamics of technological innovation systems. *Research Policy*, 45(9), 1833–1844. <http://doi.org/10.1016/j.respol.2016.05.011>
- Wu, D., Kefan, X., Hua, L., Shi, Z., y Olson, D. (2010). Modeling technological innovation risks of an entrepreneurial team using system dynamics: An agent- based perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(6), 857–869. <http://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.01.015>
- Xu, Q., Wu, Z., y Ren, Z. (2012). Synergy of innovation elements and evolution of innovative capability-With system dynamics modeling. 2012 International Symposium on Management of Technology, ISMOT. <https://doi.org/10.1109/ISMOT.2012.6679558>
- Xue, C., y Xu, Y. (2017). Influence Factor Analysis of Enterprise IT Innovation Capacity Based on System Dynamics. *Procedia Engineering*, 174, 232–239. <http://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.125>
- Zaim, S., Bayyurt, N., Tarim, M., y Zaim, H., y Guc, Y. (2013). System Dynamics Modeling of a Knowledge Management Process: A Case Study in Turkish Airlines. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 99, 545–552. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.524>

FINANCIACIÓN

Ninguna.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Ninguno

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Martha Inés Kammerer David y Benjamín Murgas Téllez.

Investigación: Martha Inés Kammerer David y Benjamín Murgas Téllez.

Metodología: Martha Inés Kammerer David y Benjamín Murgas Téllez.

Redacción – borrador original: Martha Inés Kammerer David y Benjamín Murgas Téllez.

Redacción – revisión y edición: Martha Inés Kammerer David y Benjamín Murgas Téllez.