



Rodrigo Sandoval-Almazan

**E-mail:** rsandovala@uaemex.mx

**Orcid:** <https://orcid.org/0000-0002-7864-6464>

Facultad de Ciencias Políticas, Universidad Autónoma del Estado de México

## Cita sugerida (APA, séptima edición)

Sandoval-Almazan, R. (2025). La cuádruple hélice en la era de la IA generativa: Un marco para comprender las dinámicas de innovación multi-actor. *Revista Sociedad & Tecnología*, 8(S1), 85-100. DOI: <https://doi.org/10.51247/st.v8iS1.562>.

==== o =====

## La cuádruple hélice en la era de la IA generativa: Un marco para comprender las dinámicas de innovación multi-actor

### RESUMEN

Con el surgimiento de la inteligencia artificial generativa desde 2022, tanto empresas, ciudadanos como gobiernos están tratando de entender cómo esta tecnología impactará en sus vidas. Numerosas empresas están modificando sus procesos y adaptándose a las nuevas tecnologías generadas por la inteligencia artificial, los gobiernos están intentando emitir regulaciones y controles para proteger los datos de los usuarios, y los ciudadanos experimentamos una invasión masiva de plataformas y productos digitales que nos acercan cada vez más a la inteligencia artificial. Sin embargo, conocemos poco sobre la dirección que tomará esta tecnología y cómo esta innovación afecta simultáneamente los procesos y las personas. Este artículo pretende arrojar luz para comprender este fenómeno proponiendo el modelo de las cuatro hélices de innovación en este campo. Nuestros hallazgos confirman que la inteligencia artificial generativa es un catalizador de cambios en todos los niveles y debe ser considerada como tal.

**Palabras clave:** Inteligencia artificial, innovación multifactor, plataformas, cuatro hélices.

==== o =====

## The quadruple helix in the era of generative AI: A framework for understanding multi-stakeholder innovation dynamics

### ABSTRACT

Since the emergence of generative artificial intelligence in 2022, businesses, citizens, and governments alike have been trying to understand how this technology will impact their lives. Numerous companies are modifying their processes and adapting to new technologies driven by artificial intelligence. Governments are attempting to establish regulations and controls to protect user data, while citizens are experiencing a massive influx of platforms and digital products that increasingly bring us closer to artificial intelligence. However, little is known about the direction this technology will take and how this innovation simultaneously impacts processes and people. This article aims to shed light on this phenomenon by proposing the model of the four helices of innovation in this field. Our findings confirm that generative artificial intelligence is a catalyst for change at all levels and must be recognized as such.

**Keywords:** Artificial intelligence, multifactor innovation, platforms, four helices.

## **A Hélice Quádrupla na Era da IA Generativa: Uma Estrutura para Entender a Dinâmica de Inovação Multissetorial**

### **RESUMO**

Com o surgimento da inteligência artificial generativa a partir de 2022, empresas, cidadãos e governos estão tentando entender como essa tecnologia impactará suas vidas. Várias empresas estão modificando seus processos e se adaptando às novas tecnologias geradas pela inteligência artificial, governos estão tentando emitir regulamentações e controles para proteger os dados dos usuários, e os cidadãos estão vivenciando uma invasão massiva de plataformas e produtos digitais que nos aproximam cada vez mais da inteligência artificial. No entanto, sabemos pouco sobre a direção que essa tecnologia tomará e como essa inovação afeta simultaneamente processos e pessoas. Este artigo tem como objetivo lançar luz sobre esse fenômeno propondo o modelo de quatro hélices de inovação neste campo. Nossas descobertas confirmam que a IA generativa é um catalisador de mudanças em todos os níveis e deve ser considerada como tal.

**Palavras-chave:** Inteligência artificial, inovação multifatorial, plataformas, quatro hélices.

==== o ====

### **INTRODUCCIÓN**

El potencial de la Inteligencia Artificial (IA) para revolucionar las operaciones del sector privado y del sector público subraya la necesidad de una implementación responsable y ética, asegurando que los sistemas de IA sean éticos, equitativos, trazables, confiables y gobernables. Tanto la implementación como el uso de esta tecnología no es automático en las organizaciones, requiere de una planeación, adaptación y un proceso para adoptar paulatinamente la tecnología en sus operaciones, de tal forma que les sea útil y que permita una integración eficiente.

La inversión en IA ha crecido exponencialmente en los últimos años, tan sólo en el Reino Unido se comprometieron 54 millones de libras para financiar proyectos en universidades de todo ese país y otros 50 millones de libras para acelerar proyectos en la industria en ese sector, simplemente en el 2023 se invirtieron 8 mil millones de libras esterlinas en Open AI. (Muñoz, 2024)

Estos datos demuestran el gran impacto que está generando esta tecnología en ambos segmentos. Ambos impulsados por lograr la innovación y ser pioneros en el desarrollo de esta tecnología. Si bien, el sector público suele ser una institución reactiva (Hood, 1998; Bozeman, 2000; Mazzucato, 2023); sin embargo, en el caso de la IA, los riesgos son tan altos que resulta crucial regular antes del uso de las funciones y operaciones que se incluyen en el sector público. Por esta razón, muchos países han desarrollado instituciones para contener la IA.

Para entender el concepto de IA, tenemos que retomar su origen que se definió como un área emergente de investigación que busca unir la fisiología del cerebro con el análisis formal, las ciencias de la computación y lo que se ha llamado la lógica proposicional. (Sun y Medaglia, 2019). Un concepto más cercano es el que propone Valle-Cruz et al (2020) cuando argumenta que se trata de un campo de conocimiento fundamentado en una serie de técnicas para crear algoritmos que nutren máquinas inteligentes, simulando el comportamiento individual y colectivo, no sólo de los seres humanos, sino de otros seres vivos, automatizando actividades, aprendiendo y evolucionando, así como mejorando el rendimiento y los resultados obtenidos con y sin ayuda de los seres humanos.

La inteligencia artificial se ha consolidado como una herramienta poderosa que impulsa la innovación en múltiples dimensiones, desde el sector privado hasta la vida cotidiana de los ciudadanos. Se reconocen tres tipos fundamentales de inteligencia artificial: IA débil (o

limitada), IA fuerte (o general) y la IA superinteligente. Cada una de estas variantes se distingue por sus capacidades, sus aplicaciones y su potencial transformador en la sociedad.

La IA débil, también conocida como IA limitada o estrecha, es la que actualmente domina el mercado y ha tenido una difusión masiva y se refiere a sistemas diseñados para tareas específicas, como el reconocimiento de voz, la clasificación de imágenes y la generación de texto. Su diseño no persigue una comprensión general del mundo ni la toma de decisiones complejas más allá de sus tareas programadas. Ejemplos comunes incluyen asistentes virtuales, chatbots y sistemas de recomendación o de decisiones. Su impacto en la sociedad ha sido inmediato y tangible, nada menos Open AI tuvo 100 millones de usuarios en la primera semana del lanzamiento de 2022. Sin embargo, su capacidad transformadora está limitada al entrenamiento de datos específicos para los que fue creada o la temporalidad de estos. Los modelos del 2024 fueron liberados con datos hasta marzo o abril del mismo año.

En contraste, la IA fuerte (IA general) representa un nivel de inteligencia que simula la cognición humana en toda su amplitud. Este tipo de IA, aún teórico, aspira a desarrollar máquinas que no solo realicen tareas concretas, sino que también entiendan, razonen y aprendan de manera autónoma, logrando una versatilidad cognitiva similar a la del ser humano. La IA fuerte plantea preguntas éticas y filosóficas profundas, ya que su implementación tendría implicaciones radicales para la economía, la ética y la estructura social, especialmente en ámbitos como la toma de decisiones autónomas en entornos complejos y la colaboración interdisciplinaria. Sin embargo, aún no estamos transitando esta etapa, aunque se han hecho esfuerzos importantes en esta dirección.

Finalmente, la IA superinteligente se perfila como un hipotético estadio en el que los sistemas artificiales superan la inteligencia humana en todos los aspectos. Aunque esta categoría aún es objeto de especulación, su potencial disruptivo es inmenso, ya que implicaría sistemas capaces de innovar, adaptarse y optimizarse de manera más rápida y eficiente que cualquier mente humana. La IA superinteligente podría redefinir los límites de la ciencia, la tecnología y la economía, y plantea el desafío de crear marcos regulatorios y éticos que anticipen y prevengan posibles riesgos.

Sin embargo, está claro que esta innovación requiere de tres componentes clave Spencer (1996) examina cada uno de tres componentes: (a) relaciones con el entorno, (b) cuestiones organizativas y (c) desarrollo del individuo. Este artículo se centra en las dos primeras.

La pregunta de investigación que orienta esta investigación es: ¿Cómo entender la evolución de la IA Generativa en el contexto de la innovación pública? Para responder a esta pregunta, analizamos las diferentes perspectivas de innovación y tecnología y la evolución, proponiendo como herramienta analítica el marco de la cuarta hélice y como caso de estudio el avance de la Inteligencia Artificial Generativa.

El marco de la cuarta hélice para las innovaciones de IA contribuye teóricamente a comprender el fenómeno de la IA y los diversos efectos creados por las innovaciones relacionadas, que están cambiando rápidamente en la actualidad. Asimismo, en términos prácticos y sirve para proponer caminos en distintas áreas como la gubernamental, social y cultural que apunten en dicha dirección.

Este artículo está dividido en cuatro secciones, incluyendo esta introducción: La segunda sección es una revisión de literatura dividida en tres subsecciones: el modelo de triple hélice, los ecosistemas institucionales y la inteligencia artificial en el gobierno. La tercera sección describe los hallazgos aplicando este modelo, y la cuarta sección discute nuestros hallazgos y concluye el capítulo con desarrollos futuros.

## REVISIÓN DE LITERATURA

Esta sección está dividida en tres subsecciones. La primera sección resume la literatura sobre la innovación y la innovación pública; la segunda sección proporciona una revisión de los impactos de la Inteligencia artificial, y la tercera sección introduce nuestro marco basado en la cuarta hélice.

### Innovación Pública

Para hablar de innovación pública, no todo cambio representa una innovación. Innovar implica realizar un cambio sustancial, lo cual requiere una comprensión profunda del proceso, problema o acción que se enfrenta. Solo así es posible identificar áreas con margen de mejora y optimizar procesos en busca de mejores resultados.

Como punto de partida, Bason (2010) define la innovación pública como "el proceso de creación de nuevas ideas y su transformación en valor para la sociedad." En la misma línea, el Centre for Public Innovation, sostiene que la innovación pública es "el cambio que supera a la práctica anterior. Rojas-Martín (2018, p. 17)

La innovación aplicada al sector público constituye una respuesta a los múltiples retos y desafíos de las administraciones. Sheppard, (1967) planteaba que "cuando una organización aprende a hacer algo que no sabía cómo hacer antes y procede a realizarlo de forma sostenida, entonces un proceso de innovación ha ocurrido."

Por su parte, el CLAD, en su Carta Iberoamericana de Innovación en la Gestión Pública, define la innovación para este ámbito como:

*"El proceso de explorar, asimilar y explotar con éxito una novedad, en las esferas institucional, organizativa y social, de forma que aporte soluciones inéditas, originales y creativas a los problemas, permitiendo responder de manera óptima a las nuevas y tradicionales necesidades de los ciudadanos y de la sociedad."* (Carta Iberoamericana de Innovación, 2020., p. 8)

En este sentido, la capacidad de adaptarse de forma eficaz y eficiente ante un problema o situación refleja innovación, pues implica repensar las formas de actuación para identificar oportunidades de mejora.

Por lo tanto, una innovación en la administración pública es una respuesta creativa, eficaz y única a problemas nuevos o, en su caso, una respuesta innovadora a problemas ya conocidos. Cabe señalar que una innovación no es una solución cerrada o completa, sino un proceso abierto que evoluciona según quienes lo implementan (Grandinetti, 2020).

Así, innovar en el sector público contribuye también a mejorar la gobernabilidad y gobernanza a nivel local, estatal o nacional. Una administración pública que adopta ideas para resolver las problemáticas que enfrenta es una administración que genera valor para la ciudadanía.

En consonancia, la OCDE, en su Declaración sobre la Innovación del Sector Público, menciona que "las organizaciones del sector público deben ser capaces de innovar de forma coherente y fiable para dar respuesta a cualquier reto (actual o futuro) que requiera un nuevo enfoque, cuando y donde sea necesario" (OCDE, 2019).

Las administraciones públicas tienen la responsabilidad de ejecutar y monitorear diversos procesos, acciones, políticas públicas, programas sociales, trámites y servicios, evaluando en cada caso si los resultados obtenidos cumplen con las expectativas. Una administración pública debe ser consciente de la realidad de todos sus ciudadanos y buscar soluciones eficientes adaptadas a cada contexto.

De acuerdo con el CLAD en su Carta Iberoamericana de Innovación en la Gestión Pública, la innovación en el sector público se divide en dos ámbitos: uno orientado a los servicios a la ciudadanía y otro a los procesos internos. La innovación pública dirigida a procesos busca mejorar las prácticas administrativas para hacer más eficientes los gobiernos, mientras que la innovación orientada a los servicios de la ciudadanía introduce ideas nuevas provenientes de fuera de las organizaciones gubernamentales, rediseñando así servicios y políticas públicas para mejorar la vida cotidiana de los ciudadanos.

Gascó (2017) menciona la "innovación abierta" como una colaboración entre múltiples actores que comparten ideas, conocimientos y recursos en estos procesos de innovación. Asimismo, el Observatorio de la Innovación del Sector Público, una iniciativa de la OCDE, enfatiza que "innovar, implementar algo nuevo para un contexto específico con el objetivo de generar impacto, es una estrategia proactiva que los gobiernos pueden utilizar para responder, adaptarse y prepararse ante los desafíos contemporáneos" (OCDE, 2019, p. 5). Estos textos resumen los principales planteamientos

### **Impactos de la Inteligencia Artificial Generativa**

El desarrollo y la implementación de la Inteligencia Artificial (IA) y la Inteligencia Artificial Generativa (IAG) no solo representan avances tecnológicos, sino también plantean importantes debates éticos y operativos en múltiples sectores clave, como la salud, el ámbito público y otros servicios esenciales. En primer lugar, uno de los desafíos significativos asociados a la IA es la "opacidad algorítmica" o "caja negra," que impide la comprensión detallada de los procesos y decisiones generadas por los modelos de IA.

Según Pasquale (2020) y Mittelstadt et al. (2016), esta opacidad representa un obstáculo crítico para la auditoría y evaluación ética de los sistemas algorítmicos, sobre todo en sectores sensibles como la administración pública y el sector salud, donde la transparencia y la confianza en la tecnología son esenciales para su adopción. Sin un marco de interpretabilidad adecuado, la IA corre el riesgo de operar sin un escrutinio riguroso, lo que afecta la equidad y la responsabilidad en las decisiones automatizadas. Este problema también ha sido señalado por investigadores como Floridi (2023) y Zarsky (2016), quienes argumentan que una mayor interpretabilidad y transparencia en los sistemas de IA es necesaria para evitar consecuencias éticas y sociales negativas (Floridi, 2023; Zarsky, 2016).

En segundo lugar, el impacto ambiental de la IA y, en particular, de los modelos de IAG, ha suscitado una creciente preocupación sobre su sostenibilidad. Según Bender et al. (2021) y Patterson et al. (2021), el consumo de grandes cantidades de energía para el entrenamiento de modelos de IA plantea desafíos ecológicos de gran envergadura, lo que lleva a una reflexión sobre la necesidad de prácticas de diseño y desarrollo más sostenibles. Thompson et al. (2020) destacan que estos modelos no solo tienen una alta demanda de recursos computacionales, sino que también contribuyen significativamente a las emisiones de carbono, lo que contradice los esfuerzos globales hacia la sostenibilidad. Esta problemática ha impulsado investigaciones como las de Strubell et al. (2021), quienes abogan por métodos de IA más eficientes en energía y recursos, destacando la necesidad de equilibrar la innovación con el cuidado ambiental (Strubell et al., 2021; Patterson et al., 2021).

Un tercer campo relevante es el papel de la IA en la amplificación de la desigualdad digital, especialmente en contextos de bajos recursos. Según Eubanks (2018) y Noble (2018), los sistemas de IA, especialmente en el sector público, tienden a reforzar brechas de acceso y uso de tecnologías avanzadas, en particular en comunidades desfavorecidas que carecen de recursos para participar plenamente en la economía digital. Esta situación plantea desafíos importantes para la justicia social y la inclusión, ya que la falta de acceso a datos de alta calidad y la limitada capacitación técnica en el uso de IA pueden impedir que ciertos grupos sociales se beneficien de estos avances. Por otro lado, Benjamín (2019) y Crawford (2021)

advierten que, sin políticas de inclusión tecnológica efectivas, la IA podría perpetuar o incluso exacerbar desigualdades sociales preexistentes, afectando desproporcionadamente a grupos marginalizados.

El cuarto campo de impacto de la IA en la innovación es un tema fundamental que resalta el potencial de estos sistemas para transformar industrias y procesos. Según Brynjolfsson y McAfee (2014), la IA está facilitando una era de innovación acelerada, donde los avances en procesamiento y análisis de datos impulsan la eficiencia y crean nuevas oportunidades en campos tan diversos como la biomedicina, la educación y la manufactura. Aghion et al. (2022) argumentan que la IA no solo mejora los procesos existentes, sino que también permite la creación de productos y servicios previamente inimaginables, ampliando así el espectro de innovación en el mercado global. No obstante, scholars como Makridakis (2017) y Korinek y Stiglitz (2021) advierten que esta rápida innovación también plantea riesgos, como el aumento de la desigualdad laboral debido a la automatización y la concentración de la propiedad tecnológica, que puede limitar el acceso equitativo a los beneficios de la innovación impulsada por IA.

Finalmente, la IAGen esta impactando en las industrias de diferentes formas, por ejemplo, como un democratizador de tecnologías al permitir que las pequeñas y medianas empresas puedan acceder a tecnología de las grandes empresas de la misma manera y al mismo tiempo, con los efectos que ello pueda generar (Rajaram y Tinguely, 2024). O con el uso de Chatbots para mejorar la administración de proyectos en pequeña escala hasta la exploración de datos (Sunderber y Holmstrom, 2024). La revisión de investigaciones publicadas entre 2022 y 2024 por Sedkaoui y Benaichouba (2024) indica que el uso de IAGen en la industria ha aumentado la creatividad, los procesos de innovación y la colaboración entre compañeros, para reducir los sesgos, las preocupaciones de privacidad y otros retos, pero esto indica que esta tecnología ha transformado radicalmente los modelos de negocio, los procesos y las propuestas de valor (Mariani y Dwivedi, 2024).

La IA es una tecnología en rápido avance que tiene el potencial de revolucionar el cuidado de la salud, la gestión de datos y los procesos de diagnóstico y tratamiento. Sin embargo, su integración con los sistemas y procesos existentes tanto en el sector privado como en el público presenta un gran desafío. Es especialmente importante considerar las implicaciones de la IA Gen en cualquier sector donde la infraestructura y las habilidades humanas estén rezagadas y el impacto social de sus tareas o productos en la sociedad sea mayor.

### **El Modelo de cuatro hélices**

El modelo de cuatro hélices busca explicar las políticas de desarrollo en varios niveles, incluyendo el nacional y regional. También aborda las políticas de innovación y las estrategias para la transferencia de conocimiento. Los orígenes de este modelo surgen de las interacciones entre los tres actores principales: institucional, industrial y gubernamental (Etzkowitz, 1996). Estas relaciones, particularmente las estructuras de gobernanza involucradas son impulsores clave de los derrames de conocimiento que promueven el desarrollo económico y regional (Etzkowitz & Dzisah, 2008).

Posteriormente, Carayannis y Campbell (2009) introdujeron una cuarta hélice al modelo original de Etzkowitz, que incluía gobierno, industria y academia. Esta cuarta hélice representa los medios, la cultura, los valores, los estilos de vida y la sociedad. La adición de esta dimensión mejora el poder explicativo de la teoría de la Triple Hélice. Varios académicos han publicado estudios explorando estos dos enfoques teóricos (Galvao et al., 2019).

El concepto de Triple Hélice se ha aplicado en varios contextos, como la comprensión del desarrollo de ciudades inteligentes (Leydesdorff & Deakin, 2011) y el fomento de la co-creación e innovación directa dentro de organizaciones como la NASA (Mazzucato & Robinson, 2018).

Etzkowitz y Zhou (2017) ofrecen una visión integrada del modelo de Triple Hélice, explorando las interacciones entre universidades, industria y gobierno para estimular la innovación. Su análisis abarca la evolución del modelo a través de diferentes contextos globales.

Carayannis y Campbell (2012) integraron además el gobierno y la sociedad civil en el modelo de Triple Hélice, buscando un enfoque más holístico para la democratización de la información. Leydesdorff (2012) apoya esta expansión, argumentando que el modelo debería evolucionar hacia una N-tupla de hélices para aumentar su capacidad explicativa, particularmente a la luz de los recientes desarrollos en la teoría neo-institucional y neo-evolutiva.

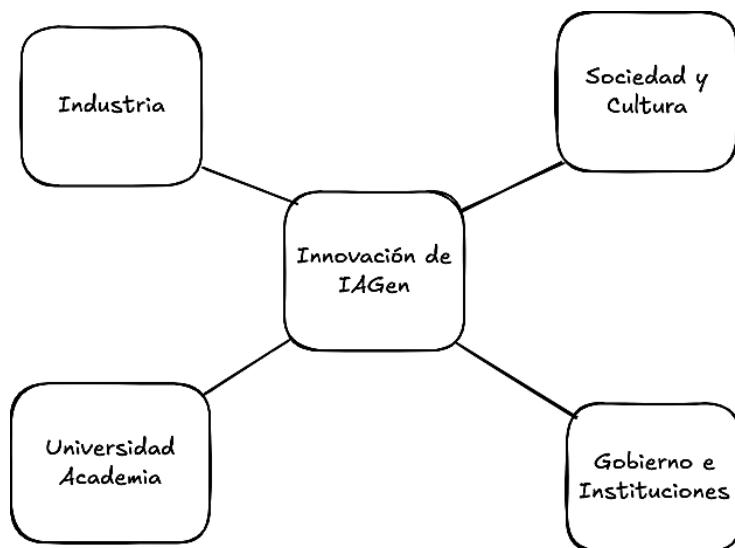
Considerando estos conceptos, nuestro marco para proponer un modelo de triple hélice para entender el fenómeno de IA se alinea más estrechamente con Carayannis et al. (2017), que argumenta que los modelos de triple hélice son "aglomeraciones eco-sistémicas de entidades organizativas e institucionales o partes interesadas con objetivos, prioridades, expectativas y comportamientos socio-técnicos, socioeconómicos y sociopolíticos conflictivos y convergentes (co-competitivos), que persiguen a través de acciones, reacciones e interacciones de desarrollo, exploración, explotación y despliegue empresarial (DEED)" (p. 149).

Nuestro modelo de investigación se fundamenta en la cuarta hélice: academia, industria, sociedad y cultura, y gobierno (ver Figura 1). Se desvía del modelo de innovación convencional en varios aspectos:

La iniciación de la innovación surge del núcleo: Innovaciones de IA, que se concentra en la IA generativa a través de varias aplicaciones y plataformas LLM.

Esta iniciación provocará alteraciones directas e indirectas en las cuatro hélices restantes.

Este capítulo examina las instituciones gubernamentales que forman un ecosistema.



**Figura 1.** Marco de cuarta hélice para Innovaciones de IA

Explicamos con más detalle estos argumentos sobre cómo las innovaciones de inteligencia artificial (IA), particularmente la IA Generativa, afectan los componentes del marco de la cuádruple hélice. Nuestros hallazgos indican que la IA Generativa crea disrupciones significativas en todo el marco al evolucionar rápidamente tanto en función como en impacto, no solo transformando sus plataformas subyacentes de modelos de lenguaje grande (LLM) sino también remodelando los ecosistemas sociales y legales en los que opera.

La difusión de las innovaciones de IA ocurre rápidamente a través de plataformas de redes sociales (por ejemplo, YouTube, Facebook, Discord, GitHub, Instagram), que facilitan la distribución del conocimiento sobre nuevas funcionalidades y proporcionan oportunidades de capacitación para que los usuarios comprendan los avances tecnológicos.

Como impulsor central del cambio en nuestro marco, la innovación en IAGen influye significativamente en las cuatro hélices restantes. En el sector industrial, las empresas compiten por desarrollar plataformas más rápidas y accesibles para la adopción masiva. Esta competencia genera ingresos que respaldan el desarrollo adicional de IA, potencialmente avanzando hacia la Inteligencia Artificial General (AGI) o la Superinteligencia.

Por el contrario, el ritmo de cambio en el gobierno y la academia ha sido más lento, ya que estas instituciones enfrentan desafíos para adaptarse rápidamente a los nuevos panoramas tecnológicos. Los gobiernos están enfocados en establecer directrices éticas, protecciones de privacidad y marcos regulatorios que aborden cuestiones de propiedad y responsabilidad en IA. En la academia, los investigadores se esfuerzan por comprender las implicaciones de la adopción masiva de IA, así como las dinámicas de poder emergentes en la industria de la IA.

Por último, evaluar los impactos culturales y sociales de la innovación en IA es una tarea compleja. Los cambios en estas áreas tienden a desarrollarse a largo plazo, lo que dificulta medir con precisión el alcance total del impacto de la IA después de solo unos meses de adopción. Sin embargo, el impacto social que se está generando en la actualidad permiten establecer que la influencia de las prácticas culturales de cada país, sus normas sociales y su ambiente serán determinantes para investigaciones futuras en este campo.

En resumen, estos elementos refuerzan colectivamente la aplicabilidad del marco de hélice para comprender el impacto de la innovación en IA a través de diferentes sectores. Al aplicar este modelo, obtenemos una visión más integral de los cambios multifacéticos desencadenados por la IA generativa en el contexto del gobierno, la industria, la academia y la sociedad.

La revisión de literatura resume exhaustivamente la investigación reciente sobre tres áreas centrales para esta investigación: el impacto de la IAGEN, el Modelo de Hélice para la innovación y la innovación pública.

## **Metodología**

El objetivo de esta investigación es responder a la pregunta: ¿Cómo entender la evolución de la IA Generativa en el contexto de la innovación pública? Para abordar esta cuestión, se plantearon dos objetivos específicos: primero, analizar cómo la innovación en inteligencia artificial impulsa la transformación en las prácticas de innovación pública; y segundo, evaluar la utilidad del marco teórico de la Cuarta Hélice como herramienta explicativa en la evolución de la inteligencia artificial generativa.

El enfoque metodológico se desarrolla en tres etapas claramente diferenciadas, cada una de las cuales se sustenta en principios científicos y enfoques metodológicos establecidos, como el método abductivo, que facilita la iteración entre teoría y evidencia empírica, según propuesto por Timmermans y Tavory (2012). Esta metodología permite integrar elementos teóricos con datos recientes y prácticas observables en un campo de rápido desarrollo, como es la inteligencia artificial generativa.

### **Primera etapa: Desarrollo del modelo teórico**

En esta etapa, se definió un marco conceptual basado en la teoría de la Cuarta Hélice, que amplía el modelo tradicional de la Triple Hélice (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000). Este modelo incorpora a la sociedad civil como un actor clave en los procesos de innovación, lo cual resulta especialmente relevante en el análisis de la IA Generativa, dado su impacto en dimensiones sociales, éticas y económicas. El modelo propuesto fue adaptado para reflejar

las dinámicas específicas de la inteligencia artificial, integrando literatura científica relevante, incluyendo estudios recientes sobre la gobernanza de la tecnología y la co-creación de valor público y se describe en la sección de revisión de literatura.

### **Segunda etapa: Aplicación del modelo a la evolución de la IA Generativa**

Para explorar cómo la Cuarta Hélice puede explicar la evolución de la IA Generativa, se aplicó el modelo teórico a casos contemporáneos. Se recopiló información de fuentes periodísticas, informes de la industria tecnológica y documentos de organismos internacionales publicados entre 2020 y 2024. La naturaleza emergente y novedosa del tema requirió un enfoque flexible en la selección de datos, priorizando fuentes confiables y ampliamente reconocidas y reportes de organismos como la OCDE. Esta etapa permitió contextualizar el modelo teórico en ejemplos concretos, ilustrando cómo actores públicos, privados y sociales interactúan para promover y regular la IA Generativa.

### **Tercera etapa: Validación del modelo mediante evidencia empírica**

La validación del modelo se realizó mediante el análisis de datos cuantitativos y cualitativos obtenidos de fuentes secundarias. Se evaluaron estudios de caso y experiencias documentadas en países pioneros en la materia, como Estados Unidos, China y Estonia. La triangulación de datos permitió garantizar la robustez de las conclusiones, conforme al enfoque sugerido por Yin (2014) para el análisis de estudios de caso. Además, se consideraron limitaciones como el sesgo de las fuentes periodísticas y la escasez de investigaciones longitudinales por la innovación y actualidad del tema de estudio.

## **HALLAZGOS**

La sección está estructurada describe en forma sistemática la aplicación del marco teórico de cuatro hélices expuesto en la revisión de literatura y aplicado a la evolución de la inteligencia artificial generativa a lo largo del tiempo.

### **Marco del Impulsor de Innovación**

La implementación del Marco de Cuádruple Hélice incorpora un impulsor central como elemento clave que promueve el cambio. El impulsor de innovación es la innovación en IA en GenAI; las hélices son: (1) Academia; (2) Gobierno-Ley; (3) Sociedad; y (4) Industria. Los hallazgos son los siguientes:

- **Impulsor de Innovación: ChatGPT (2022)**

El impulsor de innovación en IA considera seis eventos durante el período 2022-2024. El primer evento es el lanzamiento de ChatGPT por OpenAI en noviembre de 2022. Este avance marca un punto de inflexión en la historia de la IA, transitando desde usos de laboratorio hacia aplicaciones comerciales generalizadas. Produce varias disrupciones a través de las hélices.

El primer componente afectado es el gobierno, que emite una orden ejecutiva sobre IA confiable en Estados Unidos. Esta ley refleja las preocupaciones iniciales respecto al desarrollo de la IA. El segundo componente impactado es Alphabet; Google lanza la interfaz Bard en respuesta, entrando en la carrera de la hélice industrial para desarrollar plataformas de interacción con IA. En términos de sociedad, ChatGPT alcanza 100 millones de usuarios mensuales, convirtiéndose en una de las interfaces de IA más exitosas y disruptivas hasta la fecha. En la hélice académica, las publicaciones reflejan innovaciones significativas en algoritmos y modelos de lenguaje como LaMDA (Thoppilan et al., 2022) y PaLM (Chowdhery et al., 2022), que finalmente producen Modelos de Lenguaje Grande (LLMs) (Wei et al., 2022) comúnmente utilizados en plataformas recientes.

**Tabla 1.** Evolución de la IAGen bajo el marco del modelo de cuatro hélices.

Impulsor de Innovación	Academia	Gobierno	Industria	Sociedad y Cultura
ChatGPT (Nov, 2022)	Chowdhery et al (2022) Thoppilan et al(2022) Wei et al (2022)	Orden Ejecutiva de EE.UU. sobre IA Segura, Confiable y Fiable (30 de octubre, 2023)	Google lanza Bard (Febrero 2023)	Interacción masiva de 1 millón de usuarios en los primeros cinco días de su lanzamiento. Y más de 100 millones de usuarios activos mensuales (OpenAI, 2023)
Meta launches Llama (2023)	Bubeck et al (2023). Achiam et al (2023)	Acuerdo provisional de la Ley de IA de la UE (8 de diciembre, 2023)	Anthropic introduce Claude (Marzo 2023)	Declaración de Bletchley sobre una IA confiable (Nov 2023)
Claude3 (Marzo 2024)		Cumbre de Seguridad de IA del Reino Unido (Enero 2024)	Gemini actualizado (Junio 2024)	Propuesta del Marco de Gobernanza de IA del G20
Open AI GPT-o1 Preview (Sept 2024) Open AI GPT4-Canvas (Oct 2024)	Informe del sistema judicial sobre el uso de IA en EE.UU. (Oct 2024)			

## DISCUSIÓN

El objetivo de este capítulo fue explorar el ecosistema institucional de países latinoamericanos que promueve políticas de inteligencia artificial (IA). En consecuencia, la pregunta principal fue: ¿Cómo entender la evolución de la IA Generativa en el contexto de la innovación pública? Para responder a esta pregunta, perseguimos dos objetivos. El primero fue desarrollar un marco basado en el modelo de cuarta hélice para innovaciones para comprender cómo está organizado el ecosistema de IA. Luego, lo probamos para explicar la evolución de la IAGen desde 2022 a 2024.

Este artículo aporta cinco contribuciones a la investigación sobre implementación de IA. La primera contribución es introducir el modelo donde un elemento, en este caso el impulsor innovador cambia otros componentes del ecosistema. Esto contrasta con la investigación previa sobre ecosistemas, donde el modelo de hélice promueve y desarrolla ideas que producen innovación como producto. En nuestro caso, la innovación en sí misma genera consecuencias y crea efectos en cascada. Para respaldar este argumento, construimos la Tabla 1, que muestra que cada innovación aparecida —particularmente la IA generativa desde 2022— ha tenido efectos o consecuencias en la academia, el gobierno, la industria, y seleccionamos cinco eventos principales en orden cronológico que relacionan todos estos y demuestran los diferentes impactos en la regulación gubernamental, la sociedad y la academia.

La primera contribución nos lleva a la segunda: el marco de cuarta hélice para innovaciones de IA. El fenómeno rápidamente cambiante de la IA actual requiere varias teorías, conceptos y marcos teóricos para comprender el fenómeno y proponer nuevas ideas para el desarrollo,

regulación, investigación e implementación. El propósito del marco de cuarta hélice para innovaciones de IA es llenar este vacío y proponer un modelo para comprender los diferentes efectos creados por varias innovaciones. En nuestro caso, nos enfocamos en la IA generativa como la principal innovación que altera el resto del ecosistema. Nuestra contribución es probar este marco y la idea de que la innovación en IA desencadena componentes que ayudan a explicar los diferentes fenómenos de la IA.

La tercera contribución se relaciona con nuestra hipótesis principal, que postula que la innovación en IA transforma el ecosistema a través de la industria de IA, la academia, la administración pública y los marcos regulatorios. Esta afirmación es verdadera para países desarrollados donde actualmente se está llevando a cabo el desarrollo de IA, como Estados Unidos, la Unión Europea, Canadá y algunos países asiáticos que desarrollan tecnologías de IA, específicamente en IA generativa. Sus acciones respaldan la idea de que el resto de los componentes del modelo de hélice son alterados por la innovación en IA en IA generativa, confirmando nuestra suposición de que el primer disparador para el ecosistema de IA es la innovación en IA.

La cuarta contribución señala que la IAGen desarrollada en estados Unidos, aunque tienen el mismo acceso a diferentes plataformas como Claude, Gemini, ChatGPT de OpenAI y Copilot, no hay efectos o consecuencias reportadas de tal innovación en la academia y su sociedad a la fecha.

En conclusión, esta sección de discusión proporciona una comprensión descriptiva de la IAGen en la innovación, probando el nuestro marco teórico. Nuestro análisis demuestra los cambios en los avances de la IA Generativa.

### **LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

Este estudio presenta ciertas limitaciones que deben considerarse. En primer lugar, la naturaleza emergente de la IA generativa implica que muchas de sus implicaciones a largo plazo aún son desconocidas, lo que dificulta la elaboración de conclusiones definitivas. Además, la disponibilidad y calidad de datos sobre la interacción entre los actores de la cuádruple hélice y la IA generativa pueden ser variables, lo que podría afectar la generalización de los hallazgos. Finalmente, la rápida evolución tecnológica de la IA generativa requiere una actualización constante de los marcos teóricos y empíricos utilizados en este estudio.

### **ESTUDIOS FUTUROS**

Futuros estudios podrían profundizar en la exploración de las dinámicas de innovación multi-actor en sectores específicos, como la salud, la educación o la industria creativa, para comprender mejor cómo la IA generativa está transformando estos ámbitos. Asimismo, sería valioso investigar el papel de los valores éticos y la responsabilidad social en la gobernanza de la IA generativa dentro de la cuádruple hélice. Además, se podrían desarrollar metodologías cuantitativas y cualitativas más robustas para medir y analizar el impacto de la IA generativa en la colaboración y la innovación entre los actores de la cuádruple hélice.

### **RECONOCIMIENTO**

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mis colegas de la Facultad de Ciencias Políticas de la Universidad Autónoma del Estado de México por su valioso apoyo y retroalimentación durante la realización de este estudio. Su experiencia y conocimientos fueron fundamentales para enriquecer el análisis y la discusión sobre la cuádruple hélice en la era de la IA generativa. Asimismo, agradezco a las instituciones y organizaciones que proporcionaron datos y recursos para esta investigación.

## CONCLUSIÓN

Nuestros hallazgos conducen a varios conceptos que contribuyen a la literatura existente.

El rápido avance de la IA en el gobierno es evidente en nuestra revisión de literatura, que abarca dos períodos distintos: antes y después del lanzamiento de ChatGPT en 2022. Nuestros datos ilustran claramente esta progresión. Esto es evidente en estrategias que consideran la falta de transparencia en los algoritmos (De Fine & De Fine, 2020) y las aplicaciones basadas en IA y los desafíos para el gobierno (Wirtz et al., 2019).

Después del impacto disruptivo de ChatGPT en 2022, ha habido cambios significativos o nuevas iniciativas que incorporen estas tecnologías, como señala Wilson (2022). Sin embargo, este análisis demuestra que estas nuevas tecnologías privilegian su desarrollo en países occidentales, mientras el resto del mundo recibe esta tecnología. Esto podría reflejarse como el impacto de la IA decolonial (Mohamed et al., 2020), el colonialismo de datos y los efectos en el Sur Global y la justicia de datos (Heeks & Shekhar, 2019).

Nuestro marco de investigación, el modelo de cuatro Hélices para innovaciones en IA respalda los conceptos de Carayannis et al. (2017) sobre modelos de hélice. Estos modelos se describen como aglomeraciones de entidades organizativas e institucionales con objetivos, comportamientos y expectativas sociotécnicas conflictivas que interactúan. La Tabla 1 en nuestro estudio ilustra estas interacciones en el contexto de la carrera por la IA Generativa durante 2022-2024.

A pesar de estas contribuciones al campo de los esfuerzos para entender el avance de la inteligencia artificial, este trabajo tiene algunas limitaciones. La primera limitación es que se enfoca solo en la IA generativa, mientras que hay otros tipos de inteligencia artificial, como la IA generalizada y la IA superinteligente, que no se consideran en esta investigación. La segunda limitación es el marco temporal de 2022 a 2024, durante el cual se estudian y tienen lugar todos estos desarrollos como la principal innovación en IA que desencadena nuestro marco de investigación. La tercera limitación es la falta de datos consistentes y actualizados que demuestren cómo la sociedad ha interactuado con la inteligencia artificial. Finalmente, el rápido avance de estos avances tecnológicos dificulta monitorear su progreso e impacto en diferentes países debido a la falta de metodologías y marcos teóricos para llenar este vacío. Por esta razón, es importante tratar de entender este fenómeno usando diferentes lentes y enfocarse en desarrollar nuevas categorías y clasificaciones para proporcionar ideas de política pública y ayudar a los gobiernos a crear regulaciones eficientes que aseguren la ética y la privacidad en el desarrollo de la investigación en IA.

## REFERENCIAS

- Achiam, J., Adler, S., Agarwal, S., Ahmad, L., Akkaya, I., Aleman, F. L., ... & McGrew, B. (2023). GPT-4 technical report. \*arXiv preprint arXiv:2303.08774\*.
- Aghion, P., Antonin, C., & Bunel, S. (2022). *The power of creative destruction: Economic upheaval and the wealth of nations*. Harvard University Press. <https://doi.org/10.4159/9780674260469>
- Bason, C. (2010). *Leading public sector innovation: Co-creating for a better society* (1st ed.). Bristol University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctt9qgnsd>
- Bender, E. M., Gebru, T., McMillan-Major, A., & Shmitchell, S. (2021). On the dangers of stochastic parrots: Can language models be too big? □. *Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*, 610-623. <https://doi.org/10.1145/3442188.3445922>
- Benjamin, R. (2019). *Race after technology: Abolitionist tools for the new Jim code*. Polity Press. 978-1509526406

- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *\_The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies\_*. W. W. Norton & Company.
- Bozeman, B. (2007). *\*Public values and public interest: Counterbalancing economic individualism\**. Georgetown University Press.
- Bubeck, S., Chandrasekaran, V., Eldan, R., Gehrke, J., Horvitz, E., Kamar, E., ... & Zhang, Y. (2023). Sparks of artificial general intelligence: Early experiments with GPT-4. *\*arXiv preprint arXiv:2303.12712\**.
- Carta Iberoamericana de Innovación\_. (2020). Retrieved April 17, 2022, from <https://clad.org/wp-content/uploads/2020/10/Carta-Iberoamericana-de-Innovacion-10-2020.pdf>
- Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. (2009). "Mode 3" and "Quadruple helix": Toward a 21st century fractal innovation ecosystem. *\*International Journal of Technology Management, 46\*(3/4), 201-234.*
- Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. (2012). *\*Mode 3 knowledge production in quadruple helix innovation systems\**. Springer.
- Carayannis, E. G., Grigoroudis, E., Campbell, D. F., Meissner, D., & Stamati, D. (2017). The ecosystem as helix: An exploratory theory-building study of regional co-opetitive entrepreneurial ecosystems as Quadruple/Quintuple Helix Innovation Models. *\*R&D Management, 48\*(1), 148-162.*
- Crawford, K. (2021). *\_Atlas of AI: Power, politics, and the planetary costs of artificial intelligence\_*. Yale University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctv1ghv45t>
- Chen, T., Gascó-Hernandez, M., & Esteve, M. (2023). The adoption and implementation of artificial intelligence chatbots in public organizations: Evidence from US state governments. *\*The American Review of Public Administration\**. <https://doi.org/10.1177/02750740231200522>
- Chowdhery, A., Narang, S., Devlin, J., Bosma, M., Mishra, G., Roberts, A., ... & Fiedel, N. (2022). PaLM: Scaling language modeling with pathways. *\*arXiv preprint arXiv:2204.02311\**.
- de Fine Licht, K., & de Fine Licht, J. (2020). Artificial intelligence, transparency, and public decision-making: Why explanations are key when trying to produce perceived legitimacy. *\*AI & Society, 35\*, 917-926.*
- Etzkowitz, H. (1996). The triple helix: Academic-industry-government relations—Implications for the New York regional innovation environment. *\*Annals of the New York Academy of Sciences, 787\*(1), 67-86.*
- Etzkowitz, H., & Dzisah, J. (2008). Rethinking development: Circulation in the triple helix. *\*Technology Analysis and Strategic Management, 20\*(6), 653-666.*
- Etzkowitz, H., & Zhou, C. (2017). *\*The Triple Helix: University-Industry-Government Innovation and Entrepreneurship\**. Routledge.
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: From National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research Policy, 29(2), 109–123.* [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)
- Eubanks, V. (2018). *\_Automating inequality: How high-tech tools profile, police, and punish the poor\_*. St. Martin's Press. ISBN. 1. 978-1250074317
- Floridi, L. (2023). *\_The ethics of artificial intelligence\_*. Oxford University Press. ISBN: 9780198883098  
[<https://doi.org/10.1093/oso/9780198883098.001.0001>](<https://doi.org/10.1093/oso/9780198883098.001.0001>)
- Gascó, M. (2017). Living labs: Implementing open innovation in the public sector. *\_Government Information Quarterly\_, \_34\_(1), 90-98.*

- Galvao, A., Mascarenhas, C., Marques, C., Ferreira, J., & Ratten, V. (2019). Triple helix and its evolution: A systematic literature review. *Journal of Science and Technology Policy Management*, 10\*(3), 812-833.
- Grandinetti, R. (2020, June 15). *¿Por qué el Gobierno Abierto invita a innovar?* u-GOB. <https://u-gob.com/por-que-el-gobierno-abierto-invita-a-innovar/>
- Gómez Mont, C., Del Pozo, C. M., del Campo Alcocer, M., & Victoria, A. (2020). Artificial intelligence for social good in Latin America and the Caribbean: The regional landscape and 12 country snapshots. *Inter-American Development Bank*.
- Heeks, R., & Shekhar, S. (2019). Datafication, development and marginalised urban communities: An applied data justice framework. *Information, Communication & Society*, 22\*(7), 992-1011.
- Hood, C. (1998). *The art of the state: Culture, rhetoric, and public management*. Oxford University Press.
- Korinek, A., & Stiglitz, J. E. (2021). *Artificial intelligence, globalization, and strategies for economic development* (No. w28453). National Bureau of Economic Research. DOI 10.3386/w28453
- Leydesdorff, L. (2012). The Triple Helix, Quadruple Helix, ..., and an N-Tuple of helices: Explanatory models for analyzing the knowledge-based economy? *Journal of the Knowledge Economy*, 3\*(1), 25-35.
- Leydesdorff, L., & Deakin, M. (2011). The triple-helix model of smart cities: A neo-evolutionary perspective. *Journal of Urban Technology*, 18\*(2), 53-63.
- Makridakis, S. (2017). The forthcoming Artificial Intelligence (AI) revolution: Its impact on society and firms. *Futures*, 90, 46-60 [https://doi.org/10.1016/j.futures.2017.03.006](https://doi.org/10.1016/j.futures.2017.03.006 "Persistent link using digital object identifier")
- Mariani, M., & Dwivedi, Y. K. (2024). Generative artificial intelligence in innovation management: A preview of future research developments. *Journal of Business Research*, 175, [https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2024.114542](https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2024.114542 "Persistent link using digital object identifier")
- Mazzucato, M., & Robinson, D. K. (2018). Co-creating and directing innovation ecosystems? NASA's changing approach to public-private partnerships in low-earth orbit. *Technological Forecasting and Social Change*, 136, 166-177.
- Mazzucato, M. (2023). *The big con: How the consulting industry weakens our businesses, infantilizes our governments and warps our economies*. Allen Lane.
- McGill, R. (1995). Institutional development: A review of the concept. *International Journal of Public Sector Management*, 8\*(2), 63-79.
- Mittelstadt, B. D., Allo, P., Taddeo, M., Wachter, S., & Floridi, L. (2016). The ethics of algorithms: Mapping the debate. *Big Data & Society*, 3\_(2), [https://doi.org/10.1177/2053951716679679](https://doi.org/10.1177/2053951716679679)
- Mohamed, S., Png, M., & Isaac, W. (2020). Decolonial AI: Decolonial theory as sociotechnical foresight in artificial intelligence. *Philosophy & Technology*, 33, 659-684.
- Muñoz (2024). *¿Está la IA redefiniendo la investigación científica? El rol de los ciudadanos y la interdependencia entre empresarios e investigadores* En periódico EL Financiero. En línea. <https://www.elfinanciero.com.mx/opinion/alberto-munoz/2024/06/07/esta-la-ia-redefiniendo-la-investigacion-cientifica-el-rol-de-los-ciudadanos-y-la-interdependencia-entre-empresarios-e-investigadores/> -ultima consulta: 26 junio 2024

- Noble, S. U. (2018). *Algorithms of oppression: How search engines reinforce racism*. New York University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctt1pwt9w5>
- OCDE. (2019). *Declaración sobre Innovación en el Sector Público*. Observatory of Public Sector Innovation. <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/oecd-legal-0450>
- Pasquale, F. (2020). *New laws of robotics: Defending human expertise in the age of AI*. Harvard University Press. ISBN 9780674975224. <https://www.hup.harvard.edu/books/9780674975224>
- Patterson, D., Gonzalez, J., Le, Q., Liang, C., Munguia, L. M., Rothchild, D., ... & Dean, J. (2021). Carbon emissions and large neural network training. *arXiv preprint arXiv:2104.10350*. [<https://doi.org/10.48550/arXiv.2104.10350>](<https://doi.org/10.48550/arXiv.2104.10350>)<br>
- Rajaram, K., & Tinguely, P. N. (2024). Generative artificial intelligence in small and medium enterprises: Navigating its promises and challenges. *Business Horizons*, 67(5) 629-648 [<https://doi.org/10.1016/j.bushor.2024.05.008>](<https://doi.org/10.1016/j.bushor.2024.05.008> "Persistent link using digital object identifier")
- Russell, S., & Norvig, P. (2016). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Englewood Cliffs, NJ: Pearson Higher Ed.
- Saavedra Echeverry, S. (2016). Análisis del desarrollo institucional desde el enfoque institucional histórico. *\*Papel Político*, 21\*(1), 81-100.
- Salas, J., Patterson, G., & de Barros Vidal, F. (2022). A systematic mapping of artificial intelligence solutions for sustainability challenges in Latin America and the Caribbean. *\*IEEE Latin America Transactions*, 20\*(11), 2312-2329.
- Sedkaoui, S.](<https://www.emerald.com/insight/search?q=Soraya%20Sedkaoui> "Soraya Sedkaoui") and [Benaichouba, R.](<https://www.emerald.com/insight/search?q=Rafika%20Benaichouba> "Rafika Benaichouba") (2024), "Generative AI as a transformative force for innovation: a review of opportunities, applications and challenges", *[European Journal of Innovation Management]*(<https://www.emerald.com/insight/publication/issn/1460-1060>), [<https://doi.org/10.1108/EJIM-02-2024-0129>](<https://doi.org/10.1108/EJIM-02-2024-0129> "DOI: <https://doi.org/10.1108/EJIM-02-2024-0129>")
- Spencer, A. (1996). Institutional development: What are we talking about? *\*Water and Environment Journal*, 10\*, 369-375.
- Shepard, H. A. (1967). Innovation-resisting and innovation-producing organizations. *The Journal of Business*, 40(4), 470-477.
- Strubell, E., Ganesh, A., & McCallum, A. (2021). Energy and policy considerations for deep learning in NLP. *Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, 3645-3650. <https://doi.org/10.18653/v1/P19-1355>
- Sun, T. Q., & Medaglia, R. (2019). «Mapping the challenges of Artificial Intelligence in the public sector: Evidence from public healthcare». *Government Information Quarterly*, 36(2), pp. 368-383.
- Sundberg, L., & Holmström, J. (2024). Innovating by prompting: How to facilitate innovation in the age of generative AI. *Business Horizons*, 67 (5), pp. 561-570 [<https://doi.org/10.1016/j.bushor.2024.04.014>](<https://doi.org/10.1016/j.bushor.2024.04.014> "Persistent link using digital object identifier")

- Timmermans, S., & Tavory, I. (2012). Theory construction in qualitative research: From grounded theory to abductive analysis. *Sociological Theory*, 30(3), 167–186. <https://doi.org/10.1177/0735275112457914>
- Thompson, N. C., Greenewald, K., Lee, K., & Manso, G. F. (2020). The computational limits of deep learning. *arXiv preprint arXiv:2007.05558*, \_10\_. [<https://doi.org/10.48550/arXiv.2007.05558>](<https://doi.org/10.48550/arXiv.2007.05558>)
- Thoppilan, R., De Freitas, D., Hall, J., Shazeer, N., Kulshreshtha, A., Cheng, H. T., ... & Le, Q. (2022). LaMDA: Language models for dialog applications. *arXiv preprint arXiv:2201.08239*.\*
- Touvron, H., Lavril, T., Izacard, G., Martinet, X., Lachaux, M. A., Lacroix, T., ... & Lample, G. (2023). Llama: Open and efficient foundation language models. *arXiv preprint arXiv:2302.13971*.\*
- Valle-Cruz, D., Criado, J. I., Sandoval-Almazán, R., & Ruvalcaba-Gómez, E. A. (2020). «Assessing the public policy-cycle framework in the age of artificial intelligence: From agenda-setting to policy evaluation». *Government Information Quarterly*, 37(4).
- Wei, J., Wang, X., Schuurmans, D., Bosma, M., Ichter, B., Xia, F., ... & Le, Q. (2022). Chain of thought prompting elicits reasoning in large language models. *arXiv preprint arXiv:2201.11903*.\*
- Wilson, C. (2022). Public engagement and AI: A values analysis of national strategies. *Government Information Quarterly*, 39\*(1), 101652.
- Wirtz, B. W., Weyerer, J. C., & Geyer, C. (2019). Artificial intelligence and the public sector: Applications and challenges. *International Journal of Public Administration*, 42\*(7), 596-615.
- Yin, R. K. (2014). *Case study research: Design and methods* (5th ed.). Sage Publications.
- Zarsky, T. (2016). The trouble with algorithmic decisions: An analytic road map to examine efficiency and fairness in automated and opaque decision making. *Science, Technology, & Human Values*, \_41\_(1), 118-132.