

Políticas de innovación para la Industria 4.0: Una exploración de literatura

Innovation policy for Industry 4.0: An exploration of literature

José Luis Sampedro Hernández¹

Resumen

El objetivo de este trabajo es explorar el rol de las políticas de innovación (PI) en la revitalización de las organizaciones productivas y en su transición tecnológica hacia la industria 4.0 (I4.0). Las preguntas de investigación son: ¿En qué sentido las PI impulsan la revitalización y transición de las organizaciones productivas hacia la I4.0? ¿Cuál es el rol y la especificidad de las PI en los procesos de adopción de las tecnologías de la I4.0 en los sectores productivos? El argumento central consiste en que las PI juegan un rol cada vez más importante en los procesos de adopción, crean un marco regulatorio e institucional para su revitalización y transición hacia la adopción de la I4.0 y coadyuvan en la reducción de la incertidumbre. La metodología se basa en una exploración sistemática de la literatura de los artículos publicados en SCOPUS y Web of Science de los últimos años.

Palabras clave: Política industrial y tecnológica, Industrialización, TIC, Industria 4.0.


Código JEL: O14, O25, O38.

Abstract

The aim of this paper is to explore the role of innovation policies (IPs) in the revitalization of productive organizations and in their technological transition towards industry 4.0 (I4.0). The research questions are: In what sense do IPs drive the revitalization and transition of productive organizations towards I4.0? What is the role and specificity of IPs in the processes of adoption of I4.0 technologies in productive sectors? The central argument is that IPs play an increasingly important role in adoption processes, create a regulatory and institutional framework for their revitalization and transition towards the adoption of I4.0 and contribute to the reduction of uncertainty. The methodology is based on a systematic literature review of articles published in SCOPUS and Web of Science in recent years.

Keywords: Industrial and Technological Policy, Industrialization, Industry 4.0

JEL Codes: O14, O25, O38.

¹Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Cuajimalpa, México. Profesor-Investigador. Doctor en Ciencias Sociales, Área Economía y Gestión de la Innovación. UAM. Economía de la innovación, Políticas de Ciencia Tecnología e Innovación. Contacto: jsampedro@cua.uam.mx, sampedroh@yahoo.com.mx  0000-0003-1942-0286

INTRODUCCIÓN

Las sociedades, los sectores productivos y en particular las empresas están transitando por un nuevo paradigma tecno-económico denominado Industria 4.0 (I4.0), cuya columna principal son las tecnologías digitales disruptivas (TDD). Actualmente se conoce aún poco sobre la incidencia de estas tecnologías en la estructura y desempeño de las organizaciones productivas, tanto en países desarrollados como en desarrollo, se prevén escenarios con efectos positivos y escenarios con mucha incertidumbre.

Una de las tesis planteadas consiste en que la evolución hacia un paradigma dominado por las tecnologías digitales y entornos cada vez más turbulentos requiere de parte de las empresas el desarrollo, cada vez en menor tiempo, de capacidades dinámicas para identificar amenazas, adaptarse al mercado y transformarse (Sampedro y Tapia, 2023). El desarrollo de estas capacidades no es automático ni lineal, para las empresas, por ejemplo, implica esfuerzos importantes de inversión en activos tangibles e intangibles como el conocimiento, del diseño de estrategias tecnológicas de exploración y explotación de conocimiento, para los Estados implica el diseño e implementación de diversas estrategias de política pública para promover la transición tecnológica en el marco de la Industria 4.0.

Uno de los debates actuales consiste en cómo las TDD cambiarán la manufactura, los procesos industriales, los servicios, los hábitos de consumo y qué tipo de políticas públicas diseñar para el fomento, coordinación y gestión adecuada de esos cambios. Algunos países europeos como Alemania, Italia, Inglaterra, asiáticos como China, Corea del Sur o Japón, y americanos como Estados Unidos o Canadá han elaborado estrategias de mediano y largo plazo para que las empresas adopten las TDD. Algunas de las políticas implementadas son, por un lado, programas que fomentan en las PyMEs el diseño de estrategias tecnológicas para la adopción de TDD, programas de capacitación constante ante la obsolescencia de ciertas capacidades tecnológicas, un incremento de programas para formar recursos humanos especializados en distintas áreas digitales, etc. (véase, por ejemplo, Boyer y Kokosy, 2022; Reischauer, 2018; Hervas-Oliver et al., 2021).

La evidencia muestra que, en países en desarrollo como los latinoamericanos, y en México en particular, se carece aún de una estrategia tecnológica consistente de mediano y largo plazo. Cincuenta años después de la aparición y difusión de las tecnologías de información y comunicación (TIC) aún hay regiones y organizaciones productivas que las han implementado de manera limitada debido a, por ejemplo, falta de infraestructura adecuada (internet, electricidad, etc.), insuficiencia de inversión en equipo, falta de personal capacitado para un uso eficiente de las TIC, ineficacia de las políticas públicas o ausencia de una política industrial y tecnológica, etc. La consecuencia de esto es un bajo desempeño organizacional, una incipiente tasa de innovación y pérdida de competitividad de los sectores productivos. Actualmente, esos rezagos y retos tecnológicos se ven acrecentados por las nuevas TDD cuya tasa de



difusión va incrementándose rápidamente y ampliándose a diversos sectores productivos. Ante esto oscila la pregunta sobre cuál debe ser el rol de la política pública.

El objetivo de este trabajo es explorar desde una perspectiva evolutiva el rol de las políticas públicas, particularmente de las políticas de innovación, en la revitalización de las organizaciones productivas y en su transición tecnológica hacia la I4.0. Las preguntas de investigación planteadas son: ¿En qué sentido las políticas de innovación impulsan la revitalización y transición de las organizaciones productivas hacia la I4.0? ¿Cuál es el rol y la especificidad de las políticas de innovación en los procesos de adopción de TDD en los sectores productivos? La proposición planteada es que, las estrategias públicas de innovación juegan un rol cada vez más importante en los procesos de adopción de TDD en las organizaciones productivas, sobre todo de las PyMEs, crean un marco regulatorio e institucional para su revitalización y transición hacia la adopción de TDD y coadyuvan en la reducción de la incertidumbre y los costos de transacción asociados a la adopción de las TDD.

A partir de una exploración sistemática de la literatura (ESL) de los artículos publicados en SCOPUS y Web of Science de los últimos años, se analizan las estrategias y programas específicos de políticas públicas diseñadas e implementadas en países seleccionados de Europa, Asia y América para impulsar la revitalización y transición de las organizaciones productivas hacia la I4.0.

Gran parte de los artículos analizados tienen como objeto de estudio las políticas públicas de países desarrollados, la evidencia para países en desarrollo aún es limitada, sin embargo, los resultados de este estudio tienen implicaciones tanto teóricas como empíricas para países como México.

La estructura del trabajo es la siguiente: en el apartado uno se describe la metodología. En el siguiente apartado se describe de manera general el marco teórico y la relevancia de las políticas de innovación en las últimas décadas. En el apartado tres se presentan los resultados. Finalmente, se presentan las conclusiones, las implicaciones teóricas y empíricas.

MARCO TEÓRICO

Un punto de partida de las políticas de innovación

El estudio de las políticas de ciencia y tecnología se ha abordado desde tres enfoques analíticos: los estudios sociales de la ciencia y la tecnología, los estudios sobre innovación y los estudios que analizan la evolución de las políticas científicas a los modelos interactivos. Los primeros se han centrado en conceptos y dimensiones analíticas como la cohesión, la gobernanza y el poder, los segundos en indicadores de ciencia, tecnología e innovación (CTI) y articulados con la economía evolutiva y de manera particular con el enfoque de los sistemas nacionales de innovación, los últimos se han centrado en los procesos de innovación (Martin, 2012).

Este autor caracteriza la evolución de las políticas de ciencia y tecnología a través de tres etapas. La primera iniciada entre las décadas de los cincuenta y setenta es dominada por el enfoque de la oferta cuyos esfuerzos se orientaron a fortalecer las capacidades de ciencia y tecnología (CyT); la segunda iniciada entre las décadas de los setenta y ochenta, enmarcada en la economía evolutiva con predominio de modelos denominados interactivos; la tercera surge en la década de los noventa y se centró en la política de innovación, a la cual se integró de manera parcial la CyT. Desde la década de los setenta, en el análisis de las políticas se incluyen dimensiones como la planeación científica y tecnológica, la prospectiva, la evaluación de planes y programas, así como el diseño de indicadores y la medición.

El enfoque centrado en la oferta prevaleció hasta los ochenta, el enfoque centrado en la demanda y orientado al desarrollo tecnológico hasta finales de los noventa. Y a principios de la década del 2000 se instala en países latinoamericanos, de manera menos extensa con respecto a los países más innovadores, el enfoque sistémico orientado a la competitividad e innovación empresarial (Dutrénit et al., 2017). Desde entonces, los enfoques sobre la política de CTI se han ampliado y profundizado tanto en sus dimensiones analíticas como en los fines que persigue, por ejemplo, durante las últimas dos décadas se ha tratado de orientar el diseño de las políticas a la atención de los problemas sociales, las tecnologías emergentes, la inclusión social (Vasen, 2016), la atención de problemas locales (van der Have y Rubalcaba, 2016), y el desarrollo de proyectos con valor social (Wallace y Rafols, 2015).

Para el caso de México se ha evidenciado el predominio de las políticas de CTI orientadas a la competitividad, pero con un bajo impacto en el crecimiento económico y la resolución de los problemas sociales. Y en los últimos años surgió un amplio interés por poner en el centro el enfoque de redes de conocimiento, proveniente del campo de los estudios sociales de la CyT y asociado a una perspectiva local y regional, para el diseño de políticas de CTI que impulse la participación, colaboración, innovación e inclusión social (Casas, 2015; Casas et al., 2013), diseño que aún tiene el reto de la integración horizontal con otras políticas públicas (Casas et al., 2014).

Breve panorama en México de las políticas de innovación

La política de innovación en México se explica en el marco de las políticas de CTI de la década de los ochenta y noventa. Corona et al. (2013) analizaron la evolución de las políticas de CTI en México e identificaron tres etapas. La primera surgida entre 1935-1970, enmarcada en el modelo de sustitución de importaciones y el surgimiento de los primeros agentes de CyT. La segunda entre 1970-1982, etapa en la que se diseñan las primeras políticas explícitas y organismos formales de CyT como el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). La tercera surgida entre 1982-2000, dominada por la crisis y reestructuración de la economía y las políticas de CTI. Estos autores argumentan que a partir de la década del 2000 se realizaron cambios institucionales y se puso un mayor énfasis en la innovación, aunque la estrategia estuvo orientada en mayor medida hacia la oferta.

Entre el 2001 y 2012 hubo cambios de diseño institucional, legislativos y normativos con la aspiración de configurar una política de estado. Por un lado, se incorporó a la innovación como un elemento central y estratégico, así como la descentralización de recursos. Por otro, se logró la independencia del CONACYT y la creación de organismos como el Foro Consultivo de Ciencia y Tecnología, la Red Nacional de Centros de Ciencia y Tecnología (Red NACECYT), se diseñaron nuevos programas federales para incentivar la CTI como los Fondos Sectoriales, Fondos Mixtos (FOMIX), el Programa de Estímulos Fiscales (PEF), Programa de Estímulos a la Innovación (PEI), etc. Este rediseño incluyó la configuración de marcos legales, normativos, estructura de incentivos y financiamiento.

Sin embargo, lejos de esa aspiración, en diversos estudios se ha evidenciado, por ejemplo, una insuficiencia de mecanismos de coordinación interinstitucional, particularmente una débil coordinación con la academia y sector productivo (Silva Payró et al., 2016), a partir de 2018 se profundiza la desarticulación del sistema de CTI del país con la disminución de recursos económicos y la incertidumbre que ha creado la falta de regulaciones claras (Díaz y Sampedro, 2023). En otros estudios se muestra una falta de continuidad de los programas al desaparecer algunos como el PEF y el programa de Alto Valor Agregado en Negocios con Conocimiento y Empresarios (AVANCE) (Jaso y Corona, 2014), y la efectividad parcial de los programas que presentan logros fragmentados asociados a las diferentes condiciones institucionales donde se aplican y efectos no deseados de las mismas (Díaz y Sampedro, 2023). Algunos de los efectos de los incentivos, y el conjunto de factores analizados en algunos estudios, muestran la generación de asimetrías en las redes de investigación, asignación desigual de recursos por las diferencias en las condiciones (estatales, organizacionales, de trabajo) en los receptores (Anzaldo et al., 2014; Medina-Arellano, 2012; Rosales, 2013; Suarez y Dutrénit, 2015). Es notable la insuficiente inversión en CTI, tanto de parte del Estado como de las empresas, éstas tienen un bajo nivel de innovación (Solleiro-Rebolledo et al., 2019) debido, en parte, a un pobre sistema de incentivos para generar capacidades de innovación (Guerra, 2019).

A lo anterior se suma la centralización de recursos humanos altamente habilitados y recursos financieros en pocas entidades federativas, así como una clara divergencia entre ciencia básica y aplicada (Ruiz Gutiérrez, 2012), falta de incentivos para que la investigación se oriente a resolver problemas locales, regionales y nacionales (Álvarez, 2012). Los efectos no deseados y las inconsistencias de las políticas de CTI han acentuado las desigualdades, por ejemplo, los estudios de Tello y Flores (2019) y Flores Payan y Tello Medina (2021) encontraron desigualdades entre los estados del país como efectos del PEI y otros programas de fomento a la innovación.

Las políticas orientadas a la demanda han mostrado un mayor efecto en la creación de oportunidades de innovación (Díaz y Alarcón, 2018), pero en varios estudios se advierte aún una insuficiencia de marcos institucionales y mecanismos de regulación para el desarrollo de ciertos campos tecnológicos, como el de las células madre (Medina-Arellano, 2012), agroindustria (Rosales, 2013), telemedicina (Sampedro, 2013), nanotecnología (Suarez y

Dutrénit, 2015), nanomedicina (Sampedro et al., 2019), y actualmente para el desarrollo de las TDD, por mencionar sólo algunos.

La difusión de las TDD avanza a un ritmo cada vez más acelerado de lo que lo hicieron las TIC. En la medida en que el rediseño y la adaptación de las políticas públicas de innovación en el contexto de la I4.0 sea lenta, con pocos recursos humanos y financieros, una pobre estructura de incentivos para la coordinación entre actores y un lento desarrollo de capacidades tecnológicas de las empresas, la I4.0 perpetuará la insuficiente capacidad de innovación de las organizaciones productivas y acentuará las desigualdades.

En este escenario, el Estado debe asumir su papel como generador de las condiciones institucionales para la innovación, por su puesto, en concordancia con el desarrollo y fomento de la CyT. En el contexto de la I4.0, por la naturaleza del desarrollo tecnológico de las TDD, se requiere de la transversalidad en el diseño de las políticas para la innovación abierta, acciones concretas de corto, mediano y largo plazo, con un enfoque estratégico sistémico, de cooperación y coordinación para acelerar las dinámicas de aprendizaje e innovación.

Si bien el marco de las políticas de CTI es útil para explicar de manera holística la complejidad del desarrollo de estas dinámicas de aprendizaje e innovación, se corre el riesgo de perder particularidad. En el entorno de la I4.0 es de vital importancia focalizar esfuerzos y recursos en programas y acciones específicas. En el próximo apartado se mostrará evidencia sobre diversas políticas de innovación implementadas en países seleccionados en el marco de la I4.0.

METODOLOGÍA

La metodología consiste en realizar una exploración sistemática de literatura (ESL) de las políticas de innovación implementadas para la transformación digital en diversos países de Asia, Europa y América. Con esta revisión se intenta conocer las contribuciones más importantes de los artículos publicados en SCOPUS y Web of Science de los últimos años, así como resaltar los temas de investigación emergentes y futuros.

Los criterios de búsqueda en las bases de datos fueron los siguientes: “Industry 4.0, policy, policies, law, laws, legislation” a través del uso de operadores booleanos AND/OR. La búsqueda se hizo entre julio y agosto de 2023. Se consideraron sólo artículos publicados. La selección inicial fue de 34 artículos en Web of Science y 32 en SCOPUS. Después de una depuración de ambas bases se incluyeron en el análisis 34 artículos, los criterios de inclusión fueron: que el título incluyera los términos *industry 4.0*, y/o *policy or policies or law or laws or legislation*, la relevancia en el contexto de la I4.0 y haber pasado por dictamen según los criterios de la revista en la que se publicó el artículo.

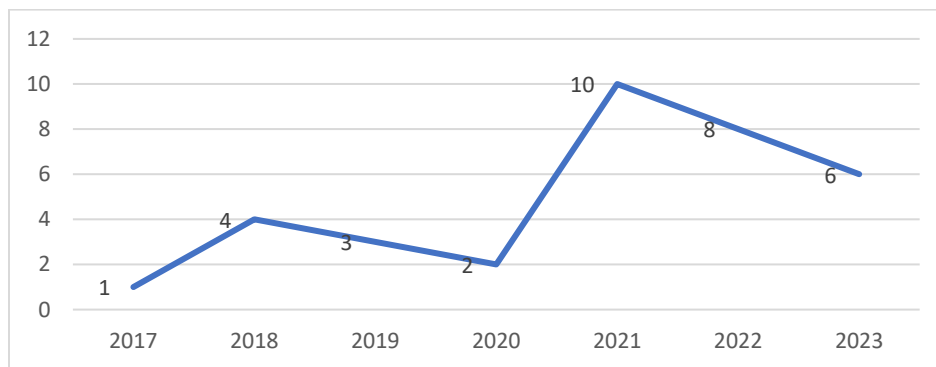
En el análisis descriptivo se incluyó el número de publicaciones por año, el número de citas por año y por artículo, el número de autores por artículo y las principales revistas de publicación. La codificación, sistematización y análisis de contenido se hizo con el apoyo del software NVIVO para minimizar errores en la interpretación de los resultados.

RESULTADOS

Descripción de tendencias de publicación de artículos

El análisis de las políticas desde una perspectiva evolutiva y su relación con la I4.0 se encuentra en una etapa incipiente. Como se muestra en la figura 1, el primer artículo identificado se publicó en 2017, después la tendencia creció hasta 2021 y se estabilizó en 6 publicaciones, sin embargo, hasta agosto de 2023 ya se habían publicado 6 artículos solo en este año (gráfica 1). Esto muestra un campo académicamente fértil para el análisis de las políticas de innovación en el marco de la I4.0. Por ahora hay un fuerte sesgo de publicaciones que analizan esas relaciones en países asiáticos como China y europeos desarrollados como Alemania y Reino Unido, sólo tres artículos analizaron las políticas de innovación de países emergentes (Brasil, Taiwán y Malasia).

GRÁFICA 1. DISTRIBUCIÓN DE ARTÍCULOS POR AÑO



Fuente: Elaboración propia.

El reporte del número de citas hasta agosto de 2023 se concentra en el año 2018, con 4 artículos y 263 citas en total, aunque el promedio anual es superior en 2017. (tabla 1). De manera notable resalta el artículo de Reischauer, G. de 2018, con 224 citas.

TABLA 1. TENDENCIA DE CITAS Y NÚMERO DE ARTÍCULOS POR AÑO

Año	Núm. de artículos	Citas totales
2017	1	111
2018	4	263
2019	3	111
2020	2	29
2021	10	70
2022	8	41
2023	6	21

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 2 se muestran los artículos con mayor influencia según la tendencia de citas. Dos de los artículos de mayor influencia son el de Reischauer (2018) y (Lin et al. (2017). Ambas publicaciones son dos de las más importantes para el análisis de este trabajo. También se muestra una heterogeneidad en el tipo de revistas, las 5 principales revistas tienen una publicación con la mayor tendencia de citas. En la mayoría de las publicaciones aparecen 3 o más autores.

TABLA 2. AUTORES CON MAYOR INFLUENCIA SEGÚN LA TENDENCIA DE CITAS

Autores	Título	Año	Revista	Citas	Núm. de autores
Reischauer, G.	Industry 4.0 as policy-driven discourse to institutionalize innovation systems in manufacturing.	2018	Technological Forecasting and Social Change	224	1
Lin, KC; Shyu, JZ; Ding, K.	A Cross-Strait Comparison of Innovation Policy under Industry 4.0 and Sustainability Development Transition.	2017	Sustainability	111	3
Kuo C.-C.; Shyu J.Z.; Ding K.	Industrial revitalization via industry 4.0 – A comparative policy analysis among China, Germany and the USA.	2019	Global Transitions	58	3
Hervas-Oliver, JL; Estelles-Miguel, S; Mallol-Gasch, G; Boix-Palomero, J	A place-based policy for promoting Industry 4.0: the case of the Castellon ceramic tile district.	2019	European Planning Studies	44	4
Hervas-Oliver, JL; Gonzalez-Alcaide, G; Rojas-Alvarado, R; Monto-Mompo, S	Emerging regional innovation policies for industry 4.0: analyzing the digital innovation hub program in European regions.	2021	Competitiveness Review	33	4

Fuente: Elaboración propia.

Estrategias de política pública para la I4.0

La I4.0 presenta retos importantes para las economías del conocimiento, sus industrias y organizaciones productivas. La velocidad de difusión de las TDD parece ser mayor a la velocidad de difusión que tuvieron las TIC, lo que implica que las organizaciones productivas deben actualizar sus capacidades tecnológicas y de innovación para adoptarlas eficientemente. Ante esto, algunos países y regiones han sido proactivos en el diseño de estrategias con programas y acciones concretas de política pública para acompañar el proceso de transformación digital de sus empresas. Como veremos a continuación, una de las más importantes es la revitalización industrial.

Políticas de revitalización industrial

En el pasado, las políticas de innovación fueron desarrolladas desde la perspectiva de la oferta, en las últimas décadas diversos países han elaborado políticas desde la perspectiva de la demanda, y recientemente algunos países han diseñado e implementado políticas desde la perspectiva medioambiental. Kuo et al. (2019) toman esta estructura para comparar las políticas de innovación de Alemania, Estados Unidos de América y China en el contexto de la I4.0. Entre las categorías de análisis consideran, desde la perspectiva de la oferta, estrategias para un incremento y mejora de los recursos humanos, el capital, conocimiento, tecnologías, información, entre otros, para promover la innovación. Desde la perspectiva de la demanda incluyen estrategias para reducir la incertidumbre del mercado y guiar la dirección de la innovación estimulando la ciencia y la tecnología. La perspectiva medioambiental incluye estrategias innovadoras para regular las actividades de innovación a través de factores ambientales. A partir de esta estructura analítica, los autores analizaron las distintas políticas y estrategias de los tres países y encontraron que tienen programas de política en relación con las tres estrategias, sin embargo, Estados Unidos y Alemania tienen una orientación principalmente hacia la demanda, mientras que China hacia la medioambiental.

En otros estudios con similar estructura analítica se analizaron comparativamente las políticas de innovación y sus estrategias en diversos países. Los trabajos de Rodrigues et al. (2021), entre otros, abonan en esta dirección. En la experiencia de diversas economías, y en particular desde una perspectiva de la demanda, las políticas de innovación deben fomentar la cooperación, la integración económica regional a partir de mecanismos de una competencia cooperativa, desarrollar instituciones o regular a los actores en función de las políticas económicas, de comercio exterior, de desarrollo industrial, educativas y laborales (Kuo et al., 2019). Estas políticas al final impactan en la competitividad de los sectores productivos y las economías. En la tabla 3 se sintetizan los resultados para países seleccionados.

TABLA 3. ORIENTACIÓN DE LAS POLÍTICAS DE FOMENTO DE LA I4.0, PAÍSES SELECCIONADOS

País	Marca de la política	Orientación de la política	Énfasis de las políticas (revitalización industrial)
Alemania	Industry 4.0 (2013)	Demanda	Generación e integración de TDD para la manufactura de alto valor.
Estados Unidos	Advanced Manufacturing Partnership Programa (2014)	Demanda	Creación de empleos, reconstruir la competitividad de la manufactura.
China	Made in China 2025 (2015)	Medioambiental	Regulación, marcos normativos legales, sustentabilidad.
Reino Unido	Manufactura de Alto Valor (2013)	Demanda	Apoyo a la manufactura de alto valor y la innovación de productos, procesos y servicios.

Japón	Industry 4.0 (2015)	Demanda	Creación de un entorno adecuado para la inversión en TDD e I+D en la manufactura y servicios.
Corea del Sur	Strategy for Innovation in Manufacturing Industry 3.0 (2014)	Demanda	Revitalización industrial
Taiwan	Productivity 4.0	Oferta	Apoyo para el escalamiento de la manufactura industrial. Educación, capacitación, sustentabilidad.

Fuente: Elaboración propia con base en diversos autores.

Una línea de análisis complementaria a la anterior se ubica en lo que, desde una perspectiva de desarrollo industrial, se considera como revitalización de la manufactura. Diversos países han diseñado e implementado políticas para revitalizar sus industrias en el marco de la I4.0. Países como Alemania, Estados Unidos, Japón, Corea del Sur, China o Taiwán han adoptado un enfoque pragmático de las políticas. Para autores como Reischauer (2018) y Kuo et al. (2019) estos países plantearon como estrategia de política de innovación la revitalización industrial ante el avance en la difusión de las TDD, no sólo para fomentar la oferta y adopción de TDD sino para desarrollar infraestructura e instituciones propicias que permitan el desarrollo desde el lado de la demanda y la sustentabilidad.

La revitalización industrial implica la promoción de nuevas estrategias tecnológicas para transformar digitalmente la manufactura, particularmente de las Pymes, y reevaluar el trabajo de las personas a través de la implementación de sistemas productivos inteligentes (Da Roit & Iannuzzi, 2023). Las estrategias de revitalización entre un país y otro varían debido a las diferencias en la madurez tecnológica de los sectores industriales, no obstante, han tratado de responder a la influencia y la alta tasa de difusión de las TDD ya sea importándola o desarrollando internamente.

Los objetivos de estas políticas se han orientado al fortalecimiento de los sistemas nacionales/regionales de innovación para facilitar la tasa de difusión e integración de TDD, la vinculación de las necesidades técnicas de las industrias tradicionales o con bajo contenido tecnológico, y el incremento de sus capacidades tecnológicas y de innovación. Al mismo tiempo, las políticas han proveído los recursos suficientes para el desarrollo industrial y el progreso social (Kuo et al., 2019).

Sin embargo, la revitalización sobre las regiones rezagadas no siempre es eficaz. Barzotto et al., (2020) analizaron la importancia de facilitar la transformación industrial y tecnológica en las regiones europeas a partir de sus fortalezas regionales existentes, y no sólo replicando lo que otras regiones hacen o importan de otros países. Aun teniendo un buen diseño de políticas de innovación, si las regiones cuentan con empresas débiles, pocas competencias y habilidades, bajo desarrollo tecnológico, un pobre ecosistema de emprendimiento y pocas redes sociales, esto puede minar la política de innovación. Un punto central, desde esta perspectiva regional, es la colaboración coordinada entre las regiones, sus empresas e instituciones, reconocimiento sus diferencias y promoviendo las

complementariedades y la fertilización cruzada de ideas para cerrar las brechas y mejorar el aprendizaje en esos tópicos en el contexto de la I4.0.

En esta línea, Bilbao-Ubillos et al. (2021) argumentan sobre las diferencias de los problemas regionales y la necesidad de que las políticas consideren la naturaleza diversificada de los sectores industriales y las estrategias para su transformación tecnológica. Diversos factores han entrado en juego, como la velocidad de difusión y la obsolescencia de ciertas capacidades tecnológicas ante la adopción de las TDD; y algunos condicionantes han sido importantes en la implementación de políticas de innovación y la transformación digital, tales como la madurez democrática de los estados nación, el buen desarrollo de los sistemas nacionales/regionales de innovación, una apropiada promoción de la competencia y de la regulación pública, el desarrollo del conocimiento científico y tecnológico, una correcta vigilancia para que el desarrollo de las TDD no transgreda el bienestar e interés público (Kuo et al., 2019), entre otros.

Temas emergentes de política para la I4.0

Desde 2017 ha habido un mayor énfasis de publicaciones sobre las políticas de innovación industrial para fomentar el desarrollo y adopción de la I4.0, pero cada vez más con la inclusión de otras dimensiones analíticas. Es decir, la revitalización industrial o la promoción de la transformación digital incluye dimensiones analíticas como la sustentabilidad, la innovación abierta, la relocalización industrial, etc. Por ejemplo, entre los trabajos más citados, se encuentran los análisis comparativos de políticas nacionales en un contexto de desarrollo sustentable (Lin et al., 2017) y desarrollo regional (Hervas-Oliver et al., 2023), el diseño de políticas de innovación regional para facilitar la introducción de la I4.0 en las regiones, particularmente en las europeas (Hervas-Oliver et al., 2021), institucionalización de los sistemas de innovación a través del discurso de las políticas de innovación (Reischauer, 2018). A continuación, se describen brevemente algunas de las dimensiones más importantes que se incluyen en el estudio y diseño de las políticas de innovación para la I4.0.

a. Sustentabilidad

Uno de los temas con mayor reconocimiento entre los investigadores es la dimensión social y medioambiental en los procesos de adopción de las TDD. Los trabajos de Fritzsche et al. (2018), Kuo et al. (2019), entre otros, abordan el proceso de transformación digital, revitalización industrial e innovación desde estas dimensiones. El argumento central consiste en que la I4.0 está fuertemente asociada con un alto potencial de desarrollos digitales para mejorar la eficiencia energética en el sector industrial y mitigar el cambio climático. China es un claro ejemplo de esto, se ha centrado en aspectos regulatorios, legales y políticos de las políticas ambientales, así como en servicios públicos y políticas centradas en la demanda. Taiwán también se ha centrado en políticas ambientales, pero con mayor énfasis en aspectos de la oferta como la educación y capacitación (Lin et al., 2017).

b. Innovación abierta

Otro de los temas emergentes es el rol de la innovación abierta en la adopción de las TDD en las Pymes. Las prácticas asociadas al enfoque de la innovación abierta pueden incidir en la adopción de las TDD, sobre en todo en las Pymes, y acelerar el aprendizaje colaborativo y la creación de valor (Naruetharadhol et al., 2022). En esta dimensión analítica, la cooperación intensa con los implicados (industria, academia) es crucial para el éxito de las estrategias de política pública (Kuo et al., 2019).

c. Colaboración, cooperación y coordinación

En otro grupo de investigaciones se explicita el trabajo colaborativo entre empresas bajo el concepto de clúster, denominado clúster industrial digital y considerado como una herramienta de política para el desarrollo de la economía digital (Fernandez-Escobedo et al., 2023). Bajo esta perspectiva, la proximidad geográfica, la aglomeración digital, las interrelaciones entre empresas, la innovación, la competitividad y la transferencia de recursos toman un papel relevante en el diseño de las políticas industriales y de innovación en el contexto de la I4.0. Otros estudios como los de Hervás-Oliver (2021); Hervás-Oliver et al. (2019); Hervás-Oliver et al., (2023); utilizan el concepto de distritos industriales para el análisis de políticas orientadas *bottom-up* y codiseñadas por los responsables de la formulación de políticas y negociadas con los actores locales, particularmente Pymes; la construcción de proyectos colectivos y la cooperación entre los actores involucrados es clave para la transición digital y el desarrollo de los distritos industriales.

d. Relocalización industrial

Una dimensión paralela a la anterior es la relocalización industrial de las empresas multinacionales en aquellos países donde es posible explotar más las tecnologías avanzadas, sin prescindir de los incentivos fiscales a la inversión extranjera directa (IED) que impactan directamente en la reducción de costos y aumentan la productividad. Las políticas de innovación se pueden orientar a estos aspectos y a implementar procesos interactivos de aprendizaje como lo hace evidente Barbieri et al. (2022).

e. Pymes

En diversos estudios las Pymes son el objeto de estudios de las políticas de revitalización, transformación digital o innovación (Govindarajo et al., 2021; Hervás-Oliver, 2021, entre otros), en particular para adoptar las TDD y mejorar su desempeño organizacional, su competitividad e innovación.

Otros temas de interés en el desarrollo e implementación de las TDD son los derechos de propiedad, las políticas laborales y de desarrollo y capacitación de los recursos humanos (Kondrat'ev et al., 2022).

Políticas de innovación para la I4.0 en México

En México se aprecia una mayor orientación de las políticas de innovación aún hacia la oferta, pero aun es inexistente una política de innovación en el marco de la I4.0. Sin embargo, se aprecian procesos *bottom-up* como en el caso de China, aunque con ciertas limitaciones pues no existe aún una política de innovación nacional para la I4.0 de largo plazo que oriente las trayectorias y los esfuerzos regionales de estados como Guanajuato o Nuevo León. En el caso de Guanajuato, por ejemplo, el Plan Estatal de Desarrollo 2040, los programas y acciones como el “Valle de la Mentefactura”, el papel de las agencias de la política de ciencia y tecnología como el Concyteg, las universidades y centros públicos de investigación, el desarrollo de clústeres digitales, así como la búsqueda mecanismos para acceder a patentes libres, etc., están configurando el ecosistema innovador del estado para promover la adopción y desarrollo de las TDD. Se vislumbran retos para vincular la academia con el sector industrial, la ciencia básica con el desarrollo tecnológico, reducir las brechas locales en el acceso a las TIC, mejorar los mecanismos de intermediación entre los actores del sistema, fortalecer las habilidades digitales, entre otros.


CONCLUSIONES

Los países y sus políticas de innovación en el marco de la I4.0, en general, buscan incrementar la calidad de la manufactura, mejorar las capacidades de innovación, la productividad laboral, la competitividad y lograr la integración entre la industrialización y la digitalización.

Diversos estudios revisados en este trabajo muestran que las políticas de innovación incluyen a las políticas de CyT, en el contexto latinoamericano se perciben al contrario, lo relevante de esta discusión es la relación cada vez más coordinada y estratégica entre las distintas políticas y programas de la CTI para promover, desarrollar y fortalecer las capacidades científicas, tecnológicas y de innovación de las regiones, sectores y organizaciones productivas, tanto en el corto como en el mediano y largo plazo.

En el caso de México, las políticas de innovación están insertas en las políticas generales de ciencia, tecnología e innovación (PCTI), las cuales fomentan la integración de un sistema nacional de innovación (SNI) pero con efectos no deseados y diversas inconsistencias como el escaso financiamiento para que las empresas (en particular las Pymes) adopten las TDD, una baja promoción de la inversión en I+D de nuevas TDD. Las políticas de innovación deben promover y fomentar que las empresas, sobre todo las Pymes, accedan a nuevas estrategias y herramientas de gestión, nuevos modelos de innovación, etc., lo que les permitirá reestructurar sus estrategias de las cadenas de valor y orientar la organización hacia la innovación.

Las dimensiones como la sustentabilidad, la regulación en el diseño de las TDD, la ciberseguridad, calidad, confiabilidad y la ética son aspectos clave que se integrarán a las políticas de innovación en el marco de la I4.0. También será crucial un marco institucional propicio que permita el diseño de estructuras de incentivos para la inversión privada, la cual

sigue siendo muy baja para el caso mexicano, así como para una mayor interacción entre empresas (por ejemplo, a través de *joint-ventures*, nuevos emprendimientos, etc.) y entre éstas y las instituciones de educación superior y centros públicos de investigación. 

REFERENCIAS

- Anzaldo, M., Chauvet, M., & Maldonado, L. A. (2014). Fondos públicos para la investigación en nanotecnologías en México y el cambio de paradigma de la política de CTI. *NTERCIENCIA*, 39(1), 8–15.
- Barbieri, P., Boffelli, A., Elia, S., Fratocchi, L., & Kalchschmidt, M. (2022). How does Industry 4.0 affect international exposure? The interplay between firm innovation and home-country policies in post-offshoring relocation decisions. *International Business Review*, 31(4), 101992. <https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2022.101992>
- Barzotto, M., Corradini, C., Fai, F., Labory, S., & Tomlinson, P. R. (2020). Smart specialisation, Industry 4.0 and lagging regions: some directions for policy. *Regional Studies, Regional Science*, 7(1), 318–332. <https://doi.org/10.1080/21681376.2020.1803124>
- Bilbao-Ubillos, J., Camino-Beldarrain, V., & Intxaurburu-Clemente, G. (2021). Industry 4.0, proximity constraints and new challenges for industrial policy. *European Planning Studies*, 29(2), 329–345. <https://doi.org/10.1080/09654313.2020.1753660>
- Boyer, J., & Kokosy, A. (2022). Technology-push and market-pull strategies: the influence of the innovation ecosystem on companies' involvement in the Industry 4.0 paradigm. *The Journal of Risk Finance*, 23(5), 461–479. <https://doi.org/10.1108/JRF-12-2021-0193>
- Casa, R., Corona, J. M., & Rivera, R. (2014). Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación en América Latina: entre la Competitividad y la Inclusión Social. In Siglo XXI (Ed.), *Perspectivas latinoamericanas en el estudio social de la ciencia, la tecnología y la sociedad* (pp. 352–364).
- Casas, R. (2015). Hacia un enfoque analítico y de políticas para las interacciones entre ciencia, universidad y sociedad en la región latinoamericana. *Cuestiones de Sociología*, 12, 1–19. <https://www.researchgate.net/publication/281038113>
- Casas, R., Corona, J. M., Jaso, M., Vera-Cruz, A. O., Caballero Hernández, R., & Rivera, R. (2013). *Construyendo el diálogo entre los Actores del sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación* (Foro Consultivo de Ciencia y Tecnología, Ed.; 1a ed.). www.foroconsultivo.org.mx
- Corona, J. M., Dutrénit, G., Puchet, M., & Santiago, F. (2013). La co-evolución de las políticas de CTI, el sistema de innovación y el entorno institucional en México. In G. A. Crespi & G. Dutrénit (Eds.), *Políticas de ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo La experiencia latinoamericana* (pp. 21–50). Foro consultivo, científico y tecnológico, AC / LALICS. <https://www.researchgate.net/publication/319109889>
- Da Roit, B., & Iannuzzi, F. E. (2023). One of many roads to industry 4.0? Technology, policy, organisational adaptation and worker experience in 'Third Italy' SMEs. *New Technology, Work and Employment*, 38(2), 252–271. <https://doi.org/10.1111/ntwe.12241>
- Díaz, C., & Alarcón Osuna, M. A. (n.d.). *Ciencia, tecnología e innovación en México: un análisis de la política pública*.
- Dutrénit Bielous, G., Natera, J. M., Puchet Anyul, M., Torres Vargas, A., & Oliveira Vera-Cruz, A. (2017). Dimensiones y Atributos Relevantes de los Procesos de Diálogo entre Comunidades para el Diseño de Políticas Públicas de CTI. In L. CLACSO; CYTED (Ed.), *Procesos de Diálogo para la formulación de políticas de CTI en América Latina y España* (pp. 37–71).
- Fernandez-Escobedo, R., Eguía-Peña, B., & Aldaz-Odrizola, L. (2023). Economic agglomeration in the age of Industry 4.0: developing a digital industrial cluster as a new policy tool for the digital world. *Competitiveness Review: An International Business Journal*. <https://doi.org/10.1108/CR-07-2022-0095>

- Fritzsche, K., Niehoff, S., & Beier, G. (2018). Industry 4.0 and Climate Change—Exploring the Science-Policy Gap. *Sustainability*, 10(12), 4511. <https://doi.org/10.3390/su10124511>
- Govindarajo, N. S., Kumar M, D., Shaikh, E., Kumar, M., & Kumar, P. (2021). Industry 4.0 and Business Policy Development: Strategic Imperatives for SME Performance. *ETIKONOMI*, 20(2), 239–258. <https://doi.org/10.15408/etk.v20i2.20143>
- Hervás-Oliver, J.-L. (2021). Industry 4.0 in industrial districts: regional innovation policy for the Toy Valley district in Spain. *Regional Studies*, 55(10–11), 1775–1786. <https://doi.org/10.1080/00343404.2021.1939861>
- Hervas-Oliver, J.-L., Estelles-Miguel, S., Mallo-Gasch, G., & Boix-Palomero, J. (2019). A place-based policy for promoting Industry 4.0: the case of the Castellon ceramic tile district. *European Planning Studies*, 27(9), 1838–1856. <https://doi.org/10.1080/09654313.2019.1642855>
- Hervas-Oliver, J.-L., Estelles-Miguel, S., Peris-Ortiz, M., & Belso-Martínez, J. A. (2023). Does regional innovation policy really work for Industry 4.0? Evidence for industrial districts. *European Planning Studies*, 31(7), 1358–1376. <https://doi.org/10.1080/09654313.2022.2135368>
- Hervas-Oliver, J.-L., Gonzalez-Alcaide, G., Rojas-Alvarado, R., & Monto-Mompo, S. (2021a). Emerging regional innovation policies for industry 4.0: analyzing the digital innovation hub program in European regions. *Competitiveness Review: An International Business Journal*, 31(1), 106–129. <https://doi.org/10.1108/CR-12-2019-0159>
- Hervas-Oliver, J.-L., Gonzalez-Alcaide, G., Rojas-Alvarado, R., & Monto-Mompo, S. (2021b). Emerging regional innovation policies for industry 4.0: analyzing the digital innovation hub program in European regions. *Competitiveness Review: An International Business Journal*, 31(1), 106–129. <https://doi.org/10.1108/CR-12-2019-0159>
- Jaso Sánchez, M. A., & Corona Alcántar, J. M. (2014). Las Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación 2001-2012: Avances, problemas, y desafíos. In UAM-X (Ed.), *La Economía Mexicana en la Alternancia Panista* (pp. 329–349).
- Kondrat'ev, V., Popov, V., & Kedrova, G. (2022). Industrial Policy Priorities under Industry 4.0. *World Economy and International Relations*, 66(3), 73–80. <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2022-66-3-73-80>
- Kuo, C.-C., Shyu, J. Z., & Ding, K. (2019). Industrial revitalization via industry 4.0 – A comparative policy analysis among China, Germany and the USA. *Global Transitions*, 1, 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.glt.2018.12.001>
- Lin, K., Shyu, J., & Ding, K. (2017). A Cross-Strait Comparison of Innovation Policy under Industry 4.0 and Sustainability Development Transition. *Sustainability*, 9(5), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su9050786>
- Martin, B. R. (2012). The evolution of science policy and innovation studies. *Research Policy*, 41(7), 1219–1239. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.03.012>
- Medina-Arellano, M. d. J. (2012). Contested secularity: Governing stem cell science in Mexico. *Science and Public Policy*, 39(3), 386–402. <https://doi.org/10.1093/scipol/scs028>
- Naruetharadhol, P., Srisathan, W. A., Gebsoambut, N., Wongthahan, P., & Ketkaew, C. (2022). Industry 4.0 for Thai SMEs: Implementing Open Innovation as Innovation Capability Management. *International Journal of Technology*, 13(1), 48. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v13i1.4746>
- Reischauer, G. (2018). Industry 4.0 as policy-driven discourse to institutionalize innovation systems in manufacturing. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 26–33. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.02.012>



- Rodrigues, T. V., dos Santos, V. H., Pontes, J., Martins, L. M., & Tadashi, R. (2021). Government initiatives 4.0: A comparison between industrial innovation policies for industry 4.0. *Gestao e Desenvolvimento*, 18(1), 1–30.
- Rosales, M. A. (2013). Incentives for agro-industrial and food biotechnology innovation in Mexico. *Innovation and Development*, 3(2), 318–319. <https://doi.org/10.1080/2157930X.2013.833778>
- Sampedro, J. L., & Tapia, S. (2023). Capacidades dinámicas y revolución digital en la manufactura mexicana. *Ciencia*, 74(2), 42–49.
- Solleiro-Rebolledo, J. L., Castañón-Ibarra, R., & Martínez-Salvador, L. E. (2019). ANÁLISIS Y PROSPECTIVA DE LA POLÍTICA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN MÉXICO. *Iuris Tantum*, 33(30), 285–308. <https://doi.org/10.36105/iut.2019n30.15>
- Suarez, M., & Dutrenit, G. (2015). The role of policy incentives in the reproduction of asymmetries within nanotechnology knowledge networks. *Science and Public Policy*, 42(1), 59–71. <https://doi.org/10.1093/scipol/scu005>
- van der Have, R. P., & Rubalcaba, L. (2016). Social innovation research: An emerging area of innovation studies? *Research Policy*, 45(9), 1923–1935. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.06.010>
- Vasen, F. (2016). ¿Estamos ante un “giro poscompetitivo” en la política de ciencia, tecnología e innovación? *Sociologias*, 18(41), 242–268. <https://doi.org/10.1590/15174522-018004112>
- Wallace, M. L., & Rafols, I. (2015). Research Portfolio Analysis in Science Policy: Moving from Financial Returns to Societal Benefits. *Minerva*, 53(2), 89–115. <https://doi.org/10.1007/s11024-015-9271-8>



Como citar:

Sampedro Hernández, J. L. (2024) Políticas de innovación para la Industria 4.0: Una exploración de literatura. *Administración y Organizaciones*, 27(Especial).

<https://doi.org/10.24275/CPYX4708>

Administración y Organizaciones de la Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco se encuentra bajo una licencia Creative Commons. Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional License.

