

## Título: Entidades federativas de México ante la Industria 4.0: una propuesta de medición

Pseudónimo: Eucalipto

**Resumen:** La Industria 4.0 (I4.0) hace referencia a un conjunto de tecnologías disruptivas vinculadas al desarrollo productivo. Por lo general, el estudio del término, se aborda desde un enfoque técnico y de negocios, sin embargo, el origen del mismo proviene de una política pública lanzada en 2011 por el gobierno alemán. Por lo anterior, es posible afirmar que la noción de la I4.0 también conlleva un componente de política pública. El presente texto tiene como objetivo desarrollar un índice de condiciones ante la I4.0 (ICI 4.0) a nivel estatal, que muestre las condiciones actuales de las entidades federativas en México frente a este tipo de industria. Asimismo, se busca identificar si existe algún tipo de relación entre las políticas de planeación desarrolladas por las entidades federativas y sus condiciones ante la I4.0. Para llevar a cabo este objetivo, se utilizó una metodología mixta. En primer lugar, se llevó a cabo una revisión teórica y documental en la que se examinaron los planes estatales de desarrollo (PED) de cada una de las entidades federativas de México. Posteriormente, a partir de la revisión teórica realizada, se generó un indicador compuesto de 18 variables contenidas en cinco dimensiones o subíndices. Entre los principales resultados, destaca que existe una clara diferenciación regional en cuanto al aprovechamiento de las tecnologías disruptivas en el ámbito económico, independientemente del sector y tamaño de las empresas. Además, todo apunta a que el uso de estas tecnologías, más que generar nuevas desigualdades, está profundizando vulnerabilidades ya existentes.

Palabras clave: industria 4.0, política de desarrollo productivo, política industrial, tecnologías disruptivas

### Introducción

Conceptos como Smart Manufacturing, Smart Industry, Internet Industrial son mencionados en la literatura que analiza a la llamada Industria 4.0 (I4.0). Se refieren a tecnologías orientadas a la digitalización de procesos productivos, la gestión de grandes cúmulos de información (big data) (Nosalska et al., 2019) y la creación de cadenas digitales que permiten la comunicación entre productos, ambiente, socios comerciales y consumidores/usuarios (Basir et al., 2019; Grabowska, 2020). La I4.0 se comprende a partir de dos componentes principales: el tecnológico, vinculado a la noción de una fábrica hiperconectada con dispositivos capaces de tomar decisiones y comunicarse entre sí, y el de negocios, que alude a la creación de nuevos modelos de negocio como la economía colaborativa, y a la generación de productos altamente personalizados e inteligentes (Nosalska et al., 2019).

La producción basada en sistemas ciberfísicos (CPS), Internet de las Cosas (IoT) e inteligencia artificial (IA) con los objetivos de alcanzar una completa automatización de los procesos productivos, tener una alta predictibilidad de los patrones de consumo, y una gran flexibilidad y adaptación a los mercados mediante la gestión de big data, son elementos fundamentales que definen a la I4.0 (Eslava, 2021). Este concepto se asocia a una cuarta revolución industrial (Schwab, 2017), que se desarrolla en un entorno inteligente e hiperconectado basado en la disminución de los costos de información (European Regional Development Fund, 2020; Micheli Thirion, 2022; Castells, 2000).

Dado que es resultado de la convergencia de diferentes tecnologías, se ha sugerido que el concepto de I4.0 es más político que técnico (Schütze et al., 2018). Se alude a que el término surge a partir de la presentación en la feria de Hannover de 2011 de un programa del gobierno alemán para impulsar la digitalización, la fábrica inteligente y el fortalecimiento tecnológico de las pequeñas y medianas empresas (Acatech, 2013; Casalet, 2018; Knutov & Styrim, 2020). En este sentido es posible afirmar que existen un tercer componente involucrado en la noción de I4.0: el de política pública. Este último asociado a la implementación de políticas industriales o de desarrollo productivo que buscan incrementar la productividad y competitividad de las unidades económicas por medio del uso de tecnologías disruptivas aparejadas a la I4.0

Uno de los objetivos de esta investigación es vincular los tres componentes mencionados que definen como se ha entendido la noción de I4.0, el técnico, el de negocios, y el de política pública, a través de la elaboración de un índice compuesto que mida las condiciones de las entidades federativas en México ante el despliegue de la I4.0. Para tal fin, se llevó a cabo una metodología mixta que incluye una revisión documental teórica y de herramientas de planeación de política pública, especialmente de aquellas que manifiestan de manera expresa su interés en fortalecer la I4.0. A partir de ello, se elaboró una matriz de indicadores para construir el Índice de Condiciones ante la I4.0 (ICI 4.0) que mide el estado actual y las condiciones asociadas al concepto de las entidades federativas de México.

Además de esta breve introducción, el presente trabajo se compone de cinco partes. En primer lugar, se expone un breve recorrido acerca de cómo se ha entendido la política industrial y la política de desarrollo productivo (PDP) como base teórica de la construcción del ICI 4.0. Enseguida, se revisan algunas estrategias de planeación contenidas y derivadas de los planes estatales de desarrollo (PED) que explicitan su interés en impulsar la I4.0. A continuación, se presenta la metodología propuesta para el desarrollo del ICI 4.0. Posteriormente son expuestos los principales resultados y hallazgos. Para terminar, se ofrecen algunas reflexiones finales.

Por cuestiones de espacio y por no ser interés prioritario de esta investigación, no se ahonda en la definición de los componentes técnicos de lo que se ha entendido como I4.0. Además de que existe abundante literatura al respecto, pues ha sido la principal motivación de estudios sobre el tema (Basir et al., 2019; Nosalska et al., 2019; Ocampo et al., 2021; Oztemel & Gursev, 2020), ahondar en las características de cada una de las tecnologías que la componen supondría una investigación aparte. Sin embargo, a continuación, se mencionan cuáles han sido las principales tecnologías vinculadas al concepto de I4.0, así como algunas de sus características fundamentales.

Tabla 1. Principales tecnologías aplicadas en la Industria 4.0

<b>Tecnología</b>	<b>Características</b>	<b>Utilidad para las unidades económicas</b>	<b>Dispositivos y componentes</b>	<b>Empresas principales</b>	<b>Año de origen</b>
<i>IoT</i>	Comunicación multidireccional entre máquinas, objetos, personas y entorno por medio de sensores y conexión a Internet.	Recoge información del entorno mejorando la toma de decisiones a nivel productivo y comercial.	Sensores, redes, codificadores y decodificadores, y <i>software</i> .	Cisco/IBM / Intel, G. E. / Google, Microsoft, Salesforce, Oracle / Qualcomm, Amazon.	Entre 2008 y 2009
<i>IA</i>	Algoritmos para procesar información por medio del aprendizaje automático y profundo.	Los dispositivos adquieren capacidades cognitivas parecidas a las redes neuronales humanas permitiéndoles “comprender” y “decidir”.	<i>Software</i> y algoritmos matemáticos	Amazon, Google, Microsoft, Huawei, Apple.	1997
<i>Computo en la Nube</i>	Almacenamiento de grandes volúmenes de datos generados durante en el proceso de producción de forma remota	Reduce costos al evitar la adquisición de servidores, licencias y personal para mantenimiento.	Servidores.	Microsoft, Amazon, Google, Storage, IBM, Salesforce, SAP.	1999
<i>Big data</i>	Análisis de grandes volúmenes de datos.	Reduce ineficiencias del proceso productivo, anticipa fallas en equipos, brinda mejores respuestas a situaciones imprevistas, permite la toma de decisiones en tiempo real, define modelos de negocios basados en el comportamiento de los clientes y de otros competidores.	Base de datos y <i>software</i> .	IBM, Microsoft, SAP, Amazon, Google, HP.	2004
<i>Sistemas de integración (Ciberfísicos)</i>	Conectan el espacio físico con el digital. Vinculan tecnologías operacionales con tecnologías informacionales mediante plataformas digitales.	Posibilitan la conexión de la unidad productiva con otros actores de la cadena de valor.	Sistemas de control basados en red, <i>software</i> y sistemas operativos.	Siemens, Deloitte, IBM.	2014
<i>Impresión 3D</i>	Fabricación de piezas con base en la superposición de capas de materiales sobre la base de un diseño moldeado de manera virtual.	Posibilita la producción de piezas personalizadas en pequeños lotes.	Impresoras y <i>software</i> .	Voxeljet, Stratasys, 3dsystems, Solidscape, LC Printing, Machine Factory, Limited.	2006
<i>Realidad virtual y realidad aumentada</i>	Representación virtual del funcionamiento conjunto de máquinas, procesos y personas en tiempo real.	Ahorra costos en procesos de aprendizaje al desplazarlo al entorno virtual. Complementa el entorno real con objetos digitales mejorando los sistemas de simulación y modelado.	<i>Headsets</i> y dispositivos específicos para capturar objetos tridimensionales.	Apple, Google, Microsoft, 3Dconnexion, Facebook, HTC, Samsung.	Entre 2000 y 2003

Fuente: adaptado de (Feldman & Girolimo, 2021:463)

## De la política industria a la política de Desarrollo Productivo

Los componentes de una política industrial abarcan una amplia gama de elementos: desde directrices para la asignación de presupuestos a proyectos relevantes, hasta mecanismos de ingeniería institucional que buscan modificar las tendencias de los mercados mediante cambios en el comportamiento de los agentes económicos que los operan (Cimoli et al., 2009).

Rothwell y Zegveld (1981) identifican tres niveles de intervención en la política pública: la oferta, la demanda y el entorno. La intervención en la oferta se centra en programas para la creación y fortalecimiento de empresas, como la provisión de una oferta educativa adecuada, el desarrollo científico y el acceso a información abierta para las empresas (Rothwell & Zegveld, 1981). La intervención en la demanda se refiere a la promoción de estructuras externas que proporcionen los servicios necesarios para el funcionamiento de las empresas, como servicios bancarios y comerciales, o el desarrollo de parques industriales (Rothwell & Zegveld, 1981). El entorno se enfoca en establecer reglas y programas públicos que aseguren un mercado competitivo, incluyendo financiamiento y regulación (Rothwell & Zegveld, 1981).

Desde otras perspectivas, el concepto de política industrial también incluye la acumulación de habilidades y la generación de conocimientos. Según esta noción, el desarrollo industrial depende en gran medida de la planificación y el aprovechamiento de las tecnologías disponibles (Romero, 2016). No obstante, tanto el uso de la tecnología como la implementación de estrategias de política destinadas a incrementar la productividad deben enfocarse en áreas específicas de la producción. Algunos autores sugieren que una política industrial debe centrarse en industrias determinadas y en las empresas que forman parte de sus cadenas de valor: fortaleciendo ciertos sectores se impulsará el crecimiento económico general, poniendo énfasis en la eficiencia de recursos y el ahorro en costos de transacción (Lindbeck, 2007; Romero, 2016).

Sin embargo, una perspectiva de política industrial sectorizada conlleva riesgos, ya que beneficiar a un sector sobre otro puede influir en la trayectoria del desarrollo económico y en los resultados esperados (Romero, 2016). Apoyar un sector que luego no resulte tan beneficioso para el desarrollo de un país o región debido a variables como

impactos ambientales, pandemias o cambios tecnológicos es una posibilidad a tomarse en cuenta.

Lo anterior sugiere que la política industrial no debe limitarse únicamente a herramientas sectoriales como motores del desarrollo económico. En el contexto de la I4.0, esta funciona mediante la interacción de diversas tecnologías disruptivas, lo que impacta significativamente a la cadena de valor. No sólo se reducen los tiempos de producción dentro de las fábricas, sino también la distancia entre las diferentes empresas que la componen. Esto significa que los procesos productivos están cada vez más interconectados con otros tipos de industrias y empresas, por lo que limitar la política industrial a una política sectorial podría obstaculizar los resultados esperados.

Más allá del apoyo a la producción manufacturera o del impulso de ciertos sectores sobre otros, las políticas públicas dirigidas a aumentar la productividad deben abarcar un amplio espectro de sectores productivos. La I4.0 está estrechamente ligada a formas de negocio que no siempre producen bienes tangibles, sino servicios. También involucra a micro, pequeñas y medianas empresas (Mipymes) que no necesariamente se dedican a la transformación de insumos. Según la Organización para el Desarrollo Industrial de las Naciones Unidas (UNIDO), la I4.0 no puede limitarse a la manufactura, aunque este sea el sector principal: el término también abarca otros servicios y sectores económicos, como el transporte, la logística, los servicios médicos, entre otros, que ejemplifican el uso conjunto de las tecnologías y procesos propios de la I4.0 (UNIDO, 2017). Por ello, es esencial considerar el concepto de políticas de desarrollo productivo (PDP), el cual promueve la inclusión de diversas actividades productivas, sectores y factores que impactan directamente en la productividad (Dini, 2022).

En este contexto, Dini (2022) identifica cinco pilares fundamentales de las PDP: políticas sectoriales, políticas CTI, políticas de desarrollo de Mipymes, políticas comerciales, y políticas orientadas a la economía social y solidaria (ESS). En lo referente a la I4.0, son especialmente relevantes los tres primeros: las políticas sectoriales, debido a su relación con la promoción de cadenas productivas y clústeres; las políticas de CTI, considerando que la I4.0 se basa en una economía fundamentada en tecnologías disruptivas; y las políticas dirigidas al fortalecimiento de las Mipymes, ya que estas son el punto focal de la mayoría de las estrategias de incremento en la productividad (incluida

la que dio origen a la noción de I4.0) pues representan cerca del 90% de la base económica empresarial, aunque son el sector menos productivo (Dini, 2022).

Es relevante destacar que en esta investigación se propone modificar el último pilar, la ESS, ya que implica un trabajo colaborativo, comunitario y de propiedad colectiva que parece inviable en el contexto de la I4.0. La ESS es un concepto relativamente reciente que contempla la creación de empresas, organizaciones o colectivos que, además de buscar beneficios económicos, también persiguen objetivos sociales y medioambientales, así como atender las necesidades propias de la comunidad en la que operan (INES, 2021). Este tipo de economía se fundamenta en la propiedad colectiva de bienes, la autonomía de los miembros, la toma de decisiones democrática y la distribución equitativa de los beneficios dentro de la comunidad (INES, 2021).

Cuanto más tecnologizado está un sector, mayores son los costos de aprendizaje y de acceso, e instrumentos como las patentes, los secretos industriales y las capacidades digitales dificultan la socialización de ciertas innovaciones y la distribución equitativa de recursos, por lo que hablar de ESS en el contexto de la I4.0 resulta poco viable. Por ello, en lugar de la ESS, se propone la noción de *economía sostenible*, integrando elementos dentro de las PDP que aseguren la permanencia futura de una economía basada en alta tecnología. Esta propuesta enfatiza la interdependencia entre el crecimiento económico, el soporte ecológico y la equidad social (Semarnat, 2018).

Figura 1. Pilares de la PDP para la I4.0



Fuente: elaboración propia con base en Dini (2022)

Aunque actualmente la mayoría de las PDP están enfocadas en la modernización y tecnologización de las industrias y de las empresas (Dini, 2022), no todos los programas y estrategias de política pública consideran la I4.0 como un eje transversal del desarrollo productivo. En América Latina, sólo tres países han establecido de manera explícita planes, programas o estrategias dirigidos al impulso de la I4.0 (Á. Ortiz-Espinoza, 2023).

Si bien es importante establecer una estrategia nacional que conduzca el crecimiento económico de los países, una PDP no puede ignorar el desarrollo local para incrementar la productividad (Albuquerque, 2015). Las políticas que buscan fortalecer la producción local son esenciales para fomentar el desarrollo productivo: sin un mercado interno robusto y una articulación interna de las actividades productivas, no habría suficiente dinamismo para hacer crecer la economía. La intención última de las PDP es generar un desarrollo económico inclusivo, integrando las economías locales a las cadenas globales de valor (Albuquerque, 2015).

En la evolución histórica de las políticas industriales y de desarrollo productivo (Dini, 2022), no fue sino hasta los años 2000 que se comenzó a diferenciar significativamente entre las políticas de América Latina y las de otros países. En la región

latinoamericana, se ha privilegiado no sólo la sectorización de sus políticas, sino también su regionalización. En el caso de México, se ha apuntado a que no existe una estrategia de desarrollo productivo a nivel nacional robusta (Deloitte, 2019; Páramo & Medina, 2020; Portos Pérez, 2011)<sup>1</sup>, sin embargo, y como veremos más adelante, se ha visto que buena parte de la política pública en esta área se lleva a cabo desde los gobiernos subnacionales (Bravo Aduna, 2019).

### Política de desarrollo Productivo a nivel subnacional

Los PED son los principales instrumentos estatales de planeación y obedecen a las necesidades y la legislación interna de las entidades federativas. Si bien los estados gozan de cierta autonomía para establecer sus propias metas y objetivos, estas no han de contravenir los objetivos y prioridades contenidas en el PND, del mismo modo que ninguna legislación de orden local puede transgredir lo estipulado en la normatividad federal. Se dice que las facultades de los estados son residuales ya que únicamente se establecen de manera constitucional las atribuciones de la federación y de los municipios, y las entidades federativas sólo se menciona su autonomía y las facultades para establecer su propia constitución interna siempre y cuando no contravengan la normatividad nacional (Cámara de Diputados, 2022).

A pesar de que en prácticamente todos los PED se menciona a la CTI para incrementar el desarrollo productivo y la educación, son pocos los estados que han desarrollado programas específicos o líneas de acción directa que promuevan la alta tecnologización de las empresas. Algunas entidades como es el caso de San Luis Potosí y Yucatán señalan algunas generalidades vinculadas al impulso a la I4.0 o a la cuarta revolución industrial, concepto con el que se asocia (Schwab, 2017). En el caso de primero, el PED menciona explícitamente a la I4.0 como una de las estrategias para el desarrollo económico del estado: alude a la adopción de tecnologías de la información y

---

<sup>1</sup> El Programa Sectorial de Economía (PSE) es lo más semejante a una PDP nacional, sin embargo, se limita a lineamientos muy generales: algunas de las estrategias que se presentan como líneas de acción específicas resultan un tanto ambiguas (SE, 2020). Además, el programa tiene un periodo de ejecución de apenas cuatro años, plazo muy corto para poder observar los resultados esperados o impacto de una política multidimensional. Por otro lado, no se desarrolla de manera profunda cómo se integraría la participación de los distintos actores involucrados, ni se incluye la participación de las entidades federativas. Tampoco se menciona ningún programa específico derivado de este, por lo que los distintos programas y políticas siguen recayendo en las unidades administrativas de manera aislada (SE, 2020).

la comunicación (TIC) en la industria, así como la formación de capital humano especializado en estas áreas (Gobierno de SLP, 2022). Por su parte, en el PED de Yucatán, sólo menciona a la I4.0 como un área prioritaria en cuanto a educación superior se refiere, sin embargo, puntualiza desde el PED una serie de indicadores cuantitativos propios para la entidad en este aspecto y desarrolla fichas técnicas de cada uno de los objetivos del mismo incluyendo: desarrollo industrial, infraestructura digital, y educación superior y enseñanza científica y técnica (Gobierno de Yucatán, 2019).

Otro caso a mencionar es el de Querétaro, que al igual que Guanajuato y Aguascalientes, apuesta por la digitalización de trámites y servicios en la entidad, enfatizando su aplicación en el entorno económico (Gobierno de Querétaro, 2021). Esta digitalización del Estado es considerada por muy pocas entidades, a pesar de su vínculo no solo con el desarrollo productivo, sino con sus posibles repercusiones al bienestar general (Vinuesa et al., 2020)

Otras entidades federativas como Aguascalientes y Morelos, profundizan un poco más en el entendimiento u objetivos con respecto a la I4.0 o cuarta revolución industrial y explicitan algunos mecanismos de articulación entre la innovación tecnológica y la industria, aunque en estos dos casos los programas específicos no se establecen desde el PED o se encuentran en un estado muy incipiente. En contraparte, entidades como Guanajuato y Nuevo León, han establecido diversos planes, programas y líneas de acción para fomentar la tecnologización de sus industrias y sectores productivos. A continuación, se detallan algunas de las acciones y estrategias que estas entidades han implementado a partir de sus PED.

## Aguascalientes

El PED de Aguascalientes 2016-2022<sup>2</sup> tiene como objetivo establecer un ambiente propicio para la investigación científica, el progreso tecnológico y la innovación en todos los sectores clave como el automotriz. Se pretende fomentar la creación, transferencia y divulgación de conocimiento en un entorno competitivo desde el punto de vista

---

<sup>2</sup> En marzo de 2023 se publicó la primera edición del PED Aguascalientes 2022-2027, en el que se mantiene la mención de la cuarta revolución industrial: e este último se considera como objetivo estratégico para 2045 el que Aguascalientes sea el principal centro de desarrollo de la cuarta revolución industrial de Latam (Gobierno de Aguascalientes, 2023:33).

económico, social e institucional (Gobierno de Aguascalientes, 2020). Además, se busca promover la colaboración entre la academia, las empresas y los sectores de alta tecnología, implementar avances tecnológicos en los servicios públicos y crear un entorno propicio para el emprendimiento e innovación, especialmente enfocado en el impulso de empresas basadas en tecnología (Gobierno de Aguascalientes, 2020). Se pretende fortalecer las habilidades para la gestión de la innovación, incrementar la cantidad de investigadores en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) y simplificar y digitalizar los procedimientos, y servicios que refuerzan la gestión empresarial y la calidad de las regulaciones (Gobierno de Aguascalientes, 2020:51).

El PED de Aguascalientes menciona la importancia de la tecnificación e implementación de innovaciones tecnológicas en los sectores productivos del estado y se reafirma que la entidad destaca en sectores estratégicos como el automotriz, el del plástico y el del calzado (Gobierno de Aguascalientes, 2020). Resalta la intención de convertir a Aguascalientes en un estado y ciudad inteligente con base en un amplio despliegue tecnológico (Gobierno de Aguascalientes, 2020).

Si bien las estrategias antes descritas están alineadas con los objetivos de la I4.0, la entidad no establece dentro del PED la creación de programas específicos que provean de elementos para impulsar la tecnologización de la industria o sectores económicos prioritarios. No obstante, en octubre de 2023 El Instituto de Educación de Aguascalientes (IEA) y la empresa Capgemini establecieron una alianza para implementar un programa de formación y certificación enfocado en habilidades digitales y tecnológicas cuya finalidad es la formación de capital humano de la entidad en temáticas vinculadas a la I4.0 y el mercado laboral emergente que conlleva (Valtierra Navarro, 2023). La gestión de las iniciativas resultantes de este programa estarían a cargo del IEA y abarca la actualización de los planes de estudio de las universidades del estado a fin de asegurar su alineación con las demandas de la I4.0, así como la capacitación y certificación en tecnologías disruptivas como: IA, redes 5G, aprendizaje automático y gemelos digitales (Valtierra Navarro, 2023). El objetivo principal de este proyecto es fortalecer la preparación de la fuerza laboral de la entidad ante los continuos cambios tecnológicos proporcionando a sus estudiantes y profesionales de herramientas útiles para

desenvolverse en sectores productivos cada vez más tecnologizados propios de la I4.0 (Valtierra Navarro, 2023).

## Morelos

En el PED del estado de Morelos se hace mención explícita de la I4.0 y, a fin de incrementar la productividad del sector secundario, reconoce como necesario impulsar las tecnologías que la conforman y la definen (Gobierno de Morelos, 2021). Del mismo modo, se plantean diversas tácticas y programas destinados a potenciar a las empresas con base tecnológica y tienen la finalidad de estimular la inversión en innovación y desarrollo tecnológico, brindar capacitación en transformación digital, y promover la creación de nuevas empresas. Algunas de las estrategias mencionadas son:

- El financiamiento para en innovación y desarrollo tecnológico.
- Impulso de proyectos relacionados con la innovación, transferencia de conocimientos e incubación de empresas orientadas a la tecnología.
- Programas de respaldo destinados a capacitar a Mipymes en la transformación digital para facilitar su incursión en la I4.0.
- La creación de un fondo mixto de apoyo y financiamiento destinado a empresas tecnológicas que se establezcan en la entidad.
- El estímulo a la formación de nuevas empresas con enfoque en la economía azul<sup>3</sup> y el emprendimiento social (Gobierno de Morelos, 2021:656).

Como resultado de los objetivos y estrategias planteadas en el PED, en 2022, la Secretaría de Desarrollo y del Trabajo (SDEyT) y la Asociación de Industriales y Empresarios de Morelos (ADIEM) Sindicato Patronal presentaron dos programas para elevar la competitividad del sector productivo de la entidad: el Programa para el Impulso de la Industria 4.0, y la Transformación Digital y el Entrenamiento Intensivo para Formación de Talento Humano Segunda Generación, cuyo despliegue representaría una inversión de poco más de siete millones pesos provenientes del Fideicomiso Ejecutivo del Fondo de Competitividad y Promoción del Empleo (Fidecomp) (Gobierno de Morelos,

---

<sup>3</sup> El termino fue popularizado por Gunter Pauli y su libro La Economía Azul: 10 años, 100 innovaciones, 100 millones de empleos. Hace referencia a al uso eficiente y sostenible de los recursos marinos, al tiempo que busca desarrollar sectores económicos que dependan de la biodiversidad de los océanos minimizando su impacto ambiental (Pauli, 2011).

2022). Como resultado de estas iniciativas se llevaría a cabo el Foro Industria 4.0 2022 y la capacitación especializada a jóvenes emprendedores con organizaciones digitales. Cabe mencionar que foros de este tipo se han llevado a cabo en la entidad desde 2018, mismo año en que la ADIEM en colaboración con la Secretaría de Economía de Morelos, cámaras empresariales, universidades y centros de investigación crearon el Consejo Consultivo de Desarrollo Económico, cuya finalidad era promover el desarrollo de la I4.0 y la competitividad de la entidad (Loewe, 2018).

### Nuevo León

El Eje 2 del PED de Nuevo León 2022, titulado Generación de riqueza sostenible, destaca un proyecto estratégico conocido como la Nueva Economía de Nuevo León. Este se basa en el impulso de sectores y áreas productivas por medio de la tecnología, la innovación y el desarrollo del conocimiento. Su objetivo principal es fortalecer la implementación de la I4.0 y otras iniciativas tecnológicas a través de la colaboración de diversos actores, coordinados por la Secretaría de Economía del estado (Amaro Rosales & Ortiz-Espinoza, 2023; Gobierno de Nuevo León, 2022).

En el marco del Eje 2, se aborda la competitividad e innovación con el propósito de posicionar a la entidad como pionera en la industria inteligente, pese a que solo el 3% de las empresas en la región se dedican a la investigación y desarrollo científico (Amaro Rosales & Ortiz-Espinoza, 2023; Gobierno de Nuevo León, 2022).. Los resultados esperados de acuerdo al PED incluyen un aumento de la inversión en sectores económicos relacionados con la I4.0 y para evaluar el avance de la estrategia se consideran indicadores como la inversión y la cantidad de empleados dedicados a investigación y desarrollo (Amaro Rosales & Ortiz-Espinoza, 2023; Gobierno de Nuevo León, 2022)..

El proyecto Silicon Valley es una iniciativa clave dentro del mismo plan. Su objetivo es crear una relación económica productiva entre la investigación, la inversión extranjera directa, la financiación y la colaboración del sector empresarial. La Secretaría de Economía del estado coordina este proyecto que promete beneficios como el impulso a la industria de alta tecnología y el fortalecimiento de la competitividad . Considera una cooperación de la triple hélice (academia, gobierno y sociedad) mediante pactos

intersectoriales, eventos públicos, encuentros estratégicos y la creación de distritos emprendedores para empresas digitales, startups y desarrolladores de tecnología de automatización (Amaro Rosales & Ortiz-Espinoza, 2023; Gobierno de Nuevo León, 2022).

Aunque el PED anterior ya mencionaba a la I4.0 en sus metas y estrategias, la iniciativa Nuevo León 4.0 comenzó en 2017 (Mexico Industry, 2017) y continúa en la administración actual. Establece objetivos y metas similares a los del PED vigente y define a la cuarta revolución industrial como "la convergencia de sistemas ciberfísicos para crear procesos autoajustables, inteligentes, flexibles y eficientes mediante la digitalización del proceso productivo desde el diseño hasta el consumo" (Gobierno de Nuevo León, S/F:5). Similar a otras estrategias de política de desarrollo productivo, supone un aumento en la competitividad estatal y hacer frente a amenazas relacionadas con el avance tecnológico (Amaro Rosales & Ortiz-Espinoza, 2023; Gobierno de Nuevo León, S/F).

Como en todos los casos referentes a iniciativas en pro de la I4.0, las estrategias previstas por estado de Nuevo León tienen muy poco tiempo de haberse planteado. No obstante, destacan programas como *Peak Nuevo León*, cuyo objetivo es apoyar startups tecnológicas alineadas con los ODS, y el Programa de Habilidades Digitales para el Emprendimiento, que ofrece certificaciones en tecnologías de I4.0 con la colaboración con distintas agencias gubernamentales, educativas y empresariales y (Amaro Rosales & Ortiz-Espinoza, 2023).

## Guanajuato

El PED 2040 fue presentado en 2018; establece metas y objetivos cuya proyección de cumplimiento es el año 2040 (Visión Industrial, 2018). En el ámbito económico, el PED 2040 busca el uso sostenible de los recursos y aumentar la competitividad del estado mediante la adopción de tecnologías disruptivas, la incorporación de conocimientos y el desarrollo del factor humano (Amaro Rosales & Ortiz-Espinoza, 2023; Gobierno de Guanajuato, 2019). Para lograr esto último, se propone la creación de un centro especializado para fomentar habilidades para la I4.0, con aplicaciones en diversas áreas económicas (Amaro Rosales & Ortiz-Espinoza, 2023; Gobierno de Guanajuato, 2019).

Para fortalecer los sectores económicos existentes y fomentar modelos de negocio innovadores enfocados en la diversificación económica e impulsados por la tecnología, este plan contempla la creación de nuevos centros de producción y agrupaciones industriales para desarrollar un sistema de innovación empresarial: planea crear una plataforma de investigación y desarrollo vinculada con el sector tecnológico facilitando su financiamiento y propiciando su interacción con apoyo de los siete parques en la materia que existen en la entidad (Amaro Rosales & Ortiz-Espinoza, 2023; Gobierno de Guanajuato, 2019). Esto incluye la modernización tecnológica del estado a fin de establecer las condiciones necesarias para una industria avanzada (Amaro Rosales & Ortiz-Espinoza, 2023; Gobierno de Guanajuato, 2019). La estrategia supone un enfoque de cuatro hélices: sector productivo, gobierno, centros de investigación y sociedad, considerando como elemento crucial la capacitación del factor humano (Amaro Rosales & Ortiz-Espinoza, 2023; Gobierno de Guanajuato, 2019).

En el marco de los objetivos planteados, en 2019 se lanzó el programa iNNdustria 4.0, proyecto que busca articular las actividades productivas de alto valor añadido e incentivar la adopción de nuevas tecnologías en sectores convencionales a fin de fortalecer las cadenas de valor y aumentar la productividad por medio de la innovación tecnológica (Amaro Rosales & Ortiz-Espinoza, 2023; Gobierno de Guanajuato, 2019). Sin excluir al resto de los municipios, el proyecto priorizó su implementación en la región centro-oeste, zona del estado de mayor industrialización y que comprende los municipios de: Guanajuato, Irapuato, León, Purísima del Rincón, Romita, Salamanca, San Francisco del Rincón y Silao de la Victoria (Gobierno de Guanajuato, 2018).

La Secretaría de Innovación, Ciencia y Educación Superior de Guanajuato es la entidad encargada de coordinar este proyecto, cuyo impacto esperado se reflejaría en empresas operativas en el estado, centros de investigación y estudiantes (Gobierno de Guanajuato, 2018). Entidades de la sociedad civil y organizaciones sin fines de lucro gestionarían los proyectos seleccionados para este programa, las cuales actuarían como intermediarios entre el gobierno y las empresas para apoyar a los proyectos durante su transición hacia la digitalización y adopción de tecnologías.

Para iNNdustria 4.0 se asignó un presupuesto de cuatro millones de pesos distribuidos en tres categorías: generación e integración de empresas en la I4.0 (1.5

millones), implementación de tecnología para incrementar la productividad (1 millón), y creación de empresas con productos o servicios para la I4.0 (1.5 millones (Amaro Rosales & Ortiz-Espinoza, 2023; Gobierno de Guanajuato, 2019).

El PED 2040 se está actualizando para establecer el PED 2050 (Iplaneg, 2023) y, a fin de que Guanajuato siga destacándose por su desarrollo industrial y en innovación, la entidad ha establecido indicadores y metas para lograr objetivos relacionados con la I4.0 a través de diversos planes, programas y convocatorias (Martínez et al., 2022). Un ejemplo es la plataforma IDEA, que impulsa el desarrollo económico y social del estado mediante la ciencia y tecnología, y la investigación y desarrollo con impacto social (Amaro Rosales & Ortiz-Espinoza, 2023; Gobierno de Guanajuato, 2019).

Tabla 2. Estrategias Aguascalientes, Morelos, Nuevo León y Guanajuato

Dimensiones	Aguascalientes	Morelos	Nuevo León	Guanajuato
Periodo y estado actual	2016-2022. Terminado	2019-2024. En ejecución	2022-2027. En ejecución	2018-2040. En proceso de actualización a PED 2050
<b>Definición de I4.0</b>	NE	"etapa de evolución técnica económica que incluye tecnologías de información, big data, inteligencia artificial y drones, entre otras" (Gobierno de Morelos, 2021:261)	"Convergencia de sistemas ciberfísicos para crear procesos autoajustables, inteligentes, flexibles y eficientes mediante la digitalización del proceso productivo desde el diseño hasta el consumo" (Gobierno de Nuevo León, S/F)	NE
Objetivo Principal	Establecer ambiente propicio para investigación, tecnología e innovación en todos los sectores clave.	Incrementar la productividad del sector secundario	Posicionar a la entidad como líder en la industria inteligente.	Aprovechamiento sostenible de recursos, aumento de la competitividad mediante conocimiento, capacitación y tecnologías disruptivas.
<b>Principales sectores</b>	Sectores automotriz, plástico y calzado.	Iniciativas para potenciar empresas con base tecnológica, economía azul y emprendimiento social.	Desarrollo de diferentes sectores sustentados en tecnología e innovación.	Tecnología, innovación, y sectores tradicionales con la adopción de tecnología
<b>Programas Específicos</b>	Programa de formación en habilidades digitales. No especificado en el PED.	Programa para el Impulso de la I4.0 y la Transformación Digital Entrenamiento Intensivo para Formación de Talento Humano	Proyecto Silicon Valley Nuevo León 4.0	iNNdustria 4.0 r Programa IDEA,
<b>Alianzas y Colaboraciones</b>	Instituto de Educación de Aguascalientes Capgemini	ADIEM Sindicato Patronal	Diferentes actores.	Secretaría de Innovación, Ciencia y Educación Superior.
<b>Resultados esperados</b>			Incremento de la inversión en áreas económicas relacionadas con la I4.0.	Fomento de la tecnología y la innovación
<b>Indicadores de Progreso</b>	No especificado	Se sugieren indicadores como inversión y personal empleado en I+D.	Incremento de inversión en áreas económicas relacionadas con la I4.0.	Indicadores propios
<b>Modelo de Colaboración</b>	Academia, empresas y sectores de alta tecnología	Secretaría de Economía Estatal, SDEyT y ADIEM Sindicato Patronal, Cámaras empresariales, universidades, centros de investigación.	Triple hélice y acuerdos intersectoriales	Cuatro hélices con énfasis en la capacitación del capital humano
<b>Localización Estratégica</b>			No especificado	Región centro-oeste del estado
<b>Presupuesto</b>	No especificado	7 millones de pesos	No especificado	4 millones de pesos (iNNdustria 4.0)

Fuente: elaboración propia con base en PED estatales

## Hallazgos de la política de planeación subnacional

La revisión documental reveló que apenas seis entidades hacen referencia de manera explícita a la I4.0. Sin embargo, es importante destacar que prácticamente todas las entidades federativas consideran algún componente de innovación tecnológica, ya sea en el ámbito educativo o en relación con el desarrollo económico de los estados. Esto no es de sorprender ya que hoy en día la tendencia es buscar el desarrollo a partir de la innovación tecnológica, misma que propiciaría una mayor competitividad de las regiones.

Es relevante señalar que aquellos estados que enfatizan más el aspecto tecnológico suelen ser en los que hay una presencia de clústeres industriales en sectores considerados de alta tecnología como es el caso de Guanajuato (automotriz), y Nuevo León (automotriz, aeroespacial y médico) (Lopátegui, 2022). Sin embargo, lo anterior no es una constatación ya que el caso de Querétaro resalta al no contar con una política de planeación explícita respecto a la I4.0 a pesar de formar parte de los clústeres automotriz y aeroespacial. Casos similares al de Querétaro son los de Baja California, Sonora y el Estado de México, los cuales, a la par del Bajío y Guadalajara, forman parte de los corredores del crecimiento digital en México en lo que toca a procesos industriales y económicos (Lopátegui, 2022) y tampoco explicitan instrumentos o estrategias de política referentes al desarrollo de la I4.0.

Sin embargo, al igual que Guanajuato y Aguascalientes, Querétaro apuesta por la digitalización de trámites y servicios en la entidad (Gobierno de Querétaro, 2021), lo cual pocos estados consideran y que se vincula con el despliegue de la I4.0. Como se vio en apartados previos, las PDP se desgajan en tres factores, uno de los cuales refiere al entorno, es decir, al entramado institucional en pro de un mercado competitivo y se relaciona con la forma en la que se dan las relaciones entre los gobiernos y las entidades productivas.

También es destacable que en buena parte de los PED se plantea como fundamental la vinculación entre academia, empresas y gobierno, con el objetivo de fomentar la apropiación del conocimiento tecnológico en actividades productivas. Este enfoque es evidente en estados como Aguascalientes, la Ciudad de México o

San Luis Potosí donde se subraya la importancia de aumentar el número de investigadores como indicador de CTI (Gobierno de Aguascalientes, 2020; Gobierno de la CDMX, 2020; Gobierno de SLP, 2022).

Además, se observa un énfasis en la promoción de la innovación a través de la generación de patentes y la propiedad intelectual. La creación de nuevos productos se señala en los PED de Chihuahua (Gobierno de Chihuahua, 2021), al tiempo que el énfasis en la propiedad intelectual y las patentes se mencionan como asuntos prioritarios en los PED de Michoacán, Coahuila y la CDMX (Gobierno de Coahuila, 2017; Gobierno de la CDMX, 2020; Gobierno de Michoacán, 2021).

En el ámbito educativo hay dos áreas clave: la educación formal, que implica la inclusión de herramientas tecnológicas en la enseñanza básica y universitaria, y la capacitación laboral. Es notable que la atención a estas áreas varía según el grado de desarrollo de cada entidad: Oaxaca y Guerrero, estados con numerosos municipios en condiciones de marginación o pobreza (Semarnat, 2021), enfatizan el acceso a internet para proveer condiciones básicas de comunicación y enseñanza (Gobierno de Guerrero, 2022; Gobierno de Oaxaca, 2022). En el caso de las entidades industrializadas, se establecen planes de capacitación para el personal ya empleado y, en algunos casos, para la profesionalización universitaria (Gobierno de Guanajuato, 2019; Gobierno de Querétaro, 2021).

En cuanto a los sectores estratégicos, se observa un interés preponderante de los sectores agropecuario y agroindustrial. Varios los estados que apuestan por una tecnologización de sector primario como el caso de Tabasco en lo agroindustrial y Veracruz en lo que toca al gas y el petróleo (Gobierno de Tabasco, 2019; Gobierno de Veracruz, 2016). También se menciona con frecuencia la importancia de las energías renovables y, en algunos casos, se destacan las Mipymes (Colima, Guerrero, Nuevo León, Tamaulipas), aunque no de manera uniforme (Gobierno de Colima, 2021; Gobierno de Guerrero, 2022; Gobierno de Nuevo León, 2022; Gobierno de Tamaulipas, 2016). Si bien la tecnologización se asocia principalmente al sector secundario, algunas entidades también vinculan la tecnología con el sector de servicios, donde se encuentran la mayoría de las Mipymes y que también ofrecen productos altamente tecnologizados (Campeche, Coahuila, Chihuahua).

Los PED ofrecen indicadores cuya finalidad es medir los resultados de las políticas públicas implementadas. En este sentido, destaca la adopción de los indicadores propuestos por la ONU en los ODS por parte de varios estados, como Yucatán y Veracruz (Gobierno de Veracruz, 2016; Gobierno de Yucatán, 2019). Sin embargo, se reconoce que estos indicadores son generales y pueden no ser completamente aplicables a condiciones particulares de ciertos estados o municipios, mismos que requerirían de indicadores *ad hoc* que reflejen sus características particulares.

Se observa que las prioridades estatales están estrechamente vinculadas al grado de desarrollo de los estados. En entidades con altos índices de marginación, como Guerrero y Oaxaca (Semarnat, 2021), el interés en la tecnología se relaciona más con necesidades básicas, como el acceso a internet. Aunque todos los estados mencionan la importancia de la tecnología, su enfoque varía según el nivel de desarrollo. Aquellos con un desarrollo medio, como Durango o Coahuila, orientan el uso de tecnología hacia políticas de aumento de productividad y desarrollo económico, destacando la manufactura avanzada y el apoyo a las Mipymes.

Por otro lado, estados altamente clusterizados y con un grado significativo de desarrollo económico e industrial, como Aguascalientes, Guanajuato y Querétaro (Inegi, 2021), se preocupan por crear un entorno propicio para el desarrollo empresarial mediante la tecnología como potenciador económico. Curiosamente, el estado de Querétaro no prioriza sectores industriales específicos, sino que centra su enfoque tecnológico en la tecnologización de la administración pública indicando cierto enfoque en el proceso de formulación de políticas públicas en México: la tecnología procede de los sectores económicos, y sólo cuando estas se apropian de ella, se aplica los procesos burocráticos. Esta dinámica refleja la tendencia en la implementación de políticas públicas, las cuales revelan un énfasis en el desarrollo empresarial o industrial antes de abordar las necesidades del Estado.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup>Aunque esto es una tendencia, no ocurre en todos los casos: a inicios de la década de los 2000, la municipalidad de Jun de 3500 habitantes optó por el uso de Twitter para vincularse con las dinámicas del ayuntamiento (Holgado, 2023). No obstante, hoy en día esa estrategia de vinculación gobierno - ciudadanía ha generado alguna discordia pues está de por medio la dependencia del ayuntamiento a una transnacional (Holgado, 2023).

Tabla 1 CTI, sectores estratégicos, y capacitación y educación tecnológica en los PED

Estado	Enfoque en CTI	Sectores Estratégicos	Capacitación y educación CTI
<b>Aguascalientes</b>	<p>Construcción de un ecosistema para la I+D y el desarrollo tecnológico.</p> <p>Vinculación academia, empresas y sectores de alta tecnología.</p> <p>Generación, transferencia y difusión de conocimiento.</p> <p>Integración de tecnologías digitales, físicas y biológicas para incrementar la productividad.</p> <p>Fortalecimiento de capacidades y Aumento de SIN</p> <p>Simplificación y digitalización de trámites y servicios.</p>	Automotriz, plástico, calzado	<p>Educación en CTI.</p> <p>Capacidades y talento humano en gestión de la innovación.</p> <p>Establecer un ecosistema de emprendimiento e innovación para empresas tecnológicas.</p>
<b>Baja California</b>	<p>Investigación científica multidisciplinario.</p> <p>Apropiación social de la ciencia y tecnología (CyT).</p> <p>Orientación a prioridades estatales.</p> <p>Proyectos de investigación para el desarrollo económico y social.</p>	Manufactura, comercio	Generar nuevos conocimientos a través de la ciencia básica. Resolver problemas que frenan el desarrollo mediante ciencia aplicada.
<b>Baja California Sur</b>	<p>Impulso al desarrollo económico y la competitividad mediante la innovación y tecnología.</p> <p>Estrategias para fortalecer infraestructura CyT</p> <p>Promoción de la I+D</p> <p>Fomento a políticas de innovación y emprendimiento.</p>	Turismo, pesca, agricultura, ganadería, minería, energía, manufactura	Capacitación y formación para el sector empresarial.
<b>Campeche</b>	<p>Fortalecimiento de infraestructura tecnológica e innovación.</p> <p>Impulso a la gestión e inversión en desarrollo de capital humano.</p> <p>Eficiencia y competitividad de la industria mediante innovación y desarrollo tecnológico.</p> <p>Inversión en desarrollo de capital humano y transferencia de tecnología.</p>	Energético, turístico, agroindustrial, pesquero, manufacturero, servicios.	Formación de capital humano de alto nivel en CTI. Incrementar programas de posgrado en áreas estratégicas. Promover la gestión e inversión en I+D e innovación. Divulgación del conocimiento y capacitación.
<b>Coahuila</b>	<p>CTI para generar valor agregado.</p> <p>Fortalecer la vinculación entre empresas e instituciones educativas para impulsar CyT.</p> <p>Aumento de investigadores.</p> <p>Simplificación de trámites y servicios para fomentar la innovación.</p>	Industria, servicios, comercio, automotriz	Vinculación de empresas con instituciones educativas.

<b>Colima</b>	Fortalecimiento de la CTI y el desarrollo tecnológico. Enfoque en mejorar calidad de vida, crecimiento económico sostenible y adopción de tecnologías sustentables. Implementación de programas de investigación, vinculación entre sector rural y centros de investigación.	Turismo, comercio, industria sustentable, Mipymes, educación, campo	Promover investigación y desarrollo en centros educativos.
<b>Chiapas</b>	Financiamiento, infraestructura e investigación científica. CTI para el desarrollo sostenido.	Turismo	Vinculación de ciencia, tecnología, innovación y comunicaciones con sistema educativo.
<b>Chihuahua</b>	Innovación como motor de desarrollo económico a largo plazo. Creación de nuevos productos y procesos para elevar la competitividad y el bienestar social.	Industria y especialización inteligente	Capacitar y certificar empresas en mejora de productos y transferencia tecnológica.
<b>Ciudad de México</b>	Divulgación y articulación territorial entre polos de innovación.	Industrias creativas, conocimiento, médicas, reciclamiento, economía circular, agricultura	Fomentar educación científica y tecnológica para toda la ciudadanía. Construir redes de investigación y desarrollo para resolver problemas de la ciudad. Establecer alianzas con centros generadores de conocimiento.
<b>Durango</b>	Alianzas estratégicas, economía circular, desarrollo de infraestructura y producción de investigaciones de alto impacto. Manufactura avanzada. Énfasis en sectores tecnológicos	Mipymes, agroindustria, turismo, energías renovables, minería y sectores tecnológicos (manufactura avanzada, TIC, logística y transporte).	Formación de docentes, establecer esquemas de colaboración con áreas productivas.
<b>Guanajuato</b>	Articulación sistémica entre sectores para promover CTI. Estrategias de innovación abierta y colaboración entre academia, sector privado, gobierno y sociedad. Fortalecimiento de esquemas de colaboración, innovación abierta, cocreación y trabajo en redes entre sectores.	Turismo, agroalimentario, ciencia, tecnología e innovación	Colaboración para innovación abierta y divulgación de CTI.
<b>Guerrero</b>	Impulso a la incorporación de tecnologías en procesos de producción y capacitación en competencias digitales. Gestionar recursos para infraestructura y promover convenios con instituciones académicas. Incorporación de tecnologías, gestión de recursos, promoción de convenios con instituciones académicas.	Agroindustrial, industria alimentaria, comercio, turismo	Capacitación en habilidades empresariales y tecnológicas.

<b>Hidalgo</b>	Enfoque en emprendimiento con base tecnológica. Creación de ecosistema de innovación y emprendimiento Fortalecimiento de infraestructura científica y promoción de investigación científica y tecnológica.	Industria manufacturera, agroindustria, energías renovables, turismo, industrias culturales y creativas, servicios	Enseñanza de TIC en universidades.
<b>Jalisco</b>	Vinculación entre academia, industria, sociedad y gobierno. Importancia de la CTI para el desarrollo.	Agropecuario, agroindustrial, industrial, energético, comercial, turístico, servicios	Educación en TIC.
<b>México</b>	Fomentar la investigación científica y tecnológica aplicada. Busca incrementar becas, apoyar centros de investigación Promover la cooperación en investigación y desarrollo tecnológico.	Automotriz, aeroespacial, electrónica, biotecnología, agroindustria, turismo, energía y medio ambiente	Incremento de becas Capacitación en tecnologías avanzadas para trabajadores.
<b>Michoacán</b>	Impulsa la investigación e innovación aplicada con cooperación interinstitucional. Fortalecimiento a la cultura de la propiedad intelectual. Financiamiento externo. Empleo de herramientas tecnológicas para generar cambio.	Agroindustria, turismo, manufactura, energías renovables, TIC	Impulsar internet gratuito en escuelas para nuevos modelos de aprendizaje.
<b>Morelos</b>	Articulación de CTI con la Industria 4.0 mediante la convergencia de tecnologías (digitalización, IoT, big data, cómputo en la nube, robótica y nanotecnología) Convergencia de tecnologías para crear sistemas inteligentes en toda la cadena de valor. Inversión en proyectos de investigación aplicada, transferencia tecnológica, innovación empresarial y emprendimiento.	Agroindustrial, manufactura avanzada, farmacéuticos y cosméticos, automotriz, servicios educativos y de salud	Capacitación de docentes y directores en Consejos Técnicos Escolares.
<b>Nayarit</b>	Vinculación entre comunidades de CTI y sectores productivos (instituciones, centros de investigación, productores y empresas). Implementación de tecnología de punta, modelos educativos prácticos y programas de CTI	Agropecuario, turístico, energético, manufacturero, ciencia, tecnología e innovación	Vinculación entre instituciones de educación y tejido empresarial. Fomentar capacitación de servidores públicos en sistemas de información. Modelos educativos prácticos. -Programa de Vinculación y Articulación del Sistema de Innovación -Programa de Desarrollo de la Industria del Conocimiento, que tiene como objetivo

<b>Nuevo León</b>	Digitalización y transformación a tecnologías 4.0. Mejorar la productividad mediante la reducción de tiempos de producción, Inversión en sectores vinculados con la I4.0.	Sectores estratégicos, promoción de inversión en I4.0 y sectores emergentes	Desarrollar mayores niveles de especialización en universidades.
<b>Oaxaca</b>	Vinculación academia-empresas Investigación aplicada en sectores estratégicos. Resolución de problemas prácticos: investigación aplicada. Adopción de tecnologías disruptivas.	Agroindustrial, artesanías, biodiversidad, energías renovables, infraestructura, minería, pesca, turismo	Implantar política de ciencia y tecnología en educación.
<b>Puebla</b>	Importancia creciente de las TIC en el trabajo. Transferencia de tecnologías en el medio rural. Impulso a la innovación como fuente de empleo.	Automotriz, textil	Competencias laborales.
<b>Querétaro</b>	Transformación en un estado con base tecnológica Enfoque en el ecosistema digital gubernamental.	Mipymes, digitalización.	Incrementar matrícula en educación superior en áreas científicas y tecnológicas.
<b>Quintana Roo</b>	CTI pilares para el progreso económico y social sostenible. Impulso a empresas de base tecnológica y cultura innovadora. Prioridad en la innovación para superar crisis.	Fortalecimiento industrias locales, reactivación clúster de madera y mueble	Educación básica en internet.
<b>San Luis Potosí</b>	Vinculación industria y centros de investigación Transferencia de tecnología Innovación en unidades productivas. Aumento de investigadores. Impulso a adopción de TIC en la industria.	Metalmecánico, electrónico, biotecnología, semiconductores, aeroespacial, automotriz	Transformación tecnológica en todas las escuelas. Mejora de capacidades científicas y tecnológicas.
<b>Sinaloa</b>	CTI para desarrollo sostenible de sectores productivos Políticas de vinculación y negocios.	Manufactura, bioeconomía, logística, procesamiento de alimentos, turismo, TIC, energías	Formación de capital humano Impulso a la divulgación y enseñanza
<b>Sonora</b>	Colaboración entre gobierno, empresas y academia para crear ecosistema de innovación. Promoción de diversificación de estructura productiva. Colaboración para transferencia de investigación aplicada y desarrollo tecnológico. Creación de ecosistema de innovación y diversificación de estructura productiva.	Turismo, agroindustria, manufactura, minería, energías renovables	Ecosistema estatal de innovación para transferencia de investigación aplicada.

<b>Tabasco</b>	Articulación entre gobierno, academia y empresas Promoción de generación y aplicación de conocimiento Mantenimiento de redes de colaboración, generación y aplicación de conocimiento.	Industria petrolera, energía, servicios	Capacitación técnica para el campo y recursos naturales.
<b>Tamaulipas</b>	Desarrollo de infraestructura y condiciones para mejorar competitividad y calidad de vida. Impulso a inversión y fortalecimiento de Mipymes.	Sectores agropecuario, pesquero, forestal, industrial, turístico.	No especificado.
<b>Tlaxcala</b>	Conexión de industrias con centros de enseñanza e investigación. Inversiones públicas y privadas en creación de conocimientos y soluciones tecnológicas. Modernización del sector productivo	Empresariales, campo, artesanías, emprendedores	Ciencia y tecnología unidas a la educación para conectar industrias con centros de enseñanza e investigación
<b>Veracruz</b>	Fortalecimiento de la vinculación entre academia e industria para investigación y desarrollo tecnológico.	Industrias químicas, alimentaria, bebidas, tabaco, sector primario	Capacitación laboral.
<b>Yucatán</b>	Promoción de investigación científica y tecnológica Fomento de innovación y desarrollo tecnológico. Colaboración entre centros de investigación, instituciones educativas y empresas.	Turismo, agroindustria, energía, TIC, salud, educación, infraestructura, medio ambiente, seguridad	Programas de capacitación para mujeres en tecnologías. Formación de recursos humanos e impulso al desarrollo de talento
<b>Zacatecas</b>	Enfoque en CTI y emprendimiento Destinación del 1% del presupuesto anual en CTI. Impulso a la innovación y el desarrollo regional.	Agroindustria alimentaria, energías renovables, manufactura avanzada, minería, TIC	Formación de recursos humanos en CTI para fomentar sociedad y economía productiva.

Fuente: elaboración propia con base en los PED

## Datos y Metodología

Se han generado diversas métricas para evaluar el desarrollo de la I4.0. Aunque la mayoría se enfoca en aspectos técnicos, como el índice propuesto por Acatech (2017) para medir el grado de madurez de la I4.0 que sólo considera el desempeño empresarial. Otras mediciones abarcan efectos sociales y políticos de su implementación, como los indicadores incluidos en el objetivo número nueve de los Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS): incentivación del desarrollo tecnológico y la innovación, e incremento del acceso a la tecnología (ONU, 2022). Sin embargo, estos resultan insuficientes pues no toman en cuenta el valor añadido de la tecnología en industrias no tecnológicas (A. Ortiz-Espinoza, 2022).

Desde la academia también han surgido algunas propuestas. Žižek et al. (2020) adaptan los indicadores de los estándares ISO 22400 e ISO 2600 sobre productividad industrial y responsabilidad social, pero se enfoca en las unidades productivas y no proporcionan una medición global. Por su parte, Ocampo et al. (2021) identifican indicadores para evaluar el desarrollo de la I4.0 en un sentido más amplio incluyendo componentes que van desde lo técnico hasta la adecuación de políticas públicas y los procesos productivos. No obstante, también considera factores observables únicamente en las empresas a nivel individual y toman en cuenta componentes geográficos que se contraponen con una de las características propias de la I4.0, pues esta pretende eliminar las barreras de distancia mediante sistemas hiperconectados (A. Ortiz-Espinoza, 2022).

Por su parte, Hejduková, Kureková, y Krechovská (2020) proponen un índice basado en una política pública: la estrategia de la Unión Europea para promover la I4.0. Incluyen indicadores macroeconómicos no considerados en otras mediciones, sin embargo, centran el análisis en el acceso digital de las empresas y el uso de las TIC sin considerar factores inherentes a las tecnologías propias de la I4.0, ni variables vinculadas a la adaptabilidad de los países o regiones ante el cambio tecnológico (A. Ortiz-Espinoza, 2022).

Tabla 4. Algunas mediciones para la Industria 4.0

Índice	Fuente	Características principales	Facilidades	Limitaciones
Matriz de madurez de la Industria 4.0	Acatech	Matriz de medición para avance de la Ind.4.0 a través de componentes observables. Tiene tres componentes: cultural, organizacional, de recursos y sistemas de información.	Estructura de componentes observables	Medición individual. De uso interno para la empresa. No toma en cuenta elementos del entorno
ODS - Objetivo 9. Industria, Innovación e Infraestructura	PNUD	Mide el crecimiento del sector manufacturero de una manera inclusiva y sustentable, y basado en innovación	Estructura de componentes observables. Se puede generalizar a nivel estatal o nacional. Considera elementos del entorno	Mide el crecimiento industrial en general, no en específico de la Ind.4.0 o, en su defecto, el acceso a la tecnología y a Internet en general, no necesariamente en un sentido industrial
Ocampo et al.	Academia	Propuesta de indicadores a partir de revisión bibliográfica.  Se establecen cuatro componentes: tecnológico, organizacional, interorganizacional y social o de regulación	Estructura de componentes observables. Se puede generalizar a nivel estatal o nacional. Considera elementos del entorno. Sus componentes e indicadores son más robustos.	El componente organización considera factores geográficos aun cuando la Ind.4.0 supone una cada vez menor influencia del territorio.
Žižek, et al. (2020).	Academia ISO	Retoma los componentes de dos estandarizaciones voluntarias: ISO 22400 e ISO 26000	Estructura de componentes observables. Considera elementos del entorno	Es un indicador compuesto que parte de componentes que responden a objetivos distintos, no propiamente de la Ind.4.0. Medición individual, es decir, de cada empresa.
Hejduková et al.	Academia Unión Europea	Basado en la estrategia de la UE para el impulso de la Ind.4.0, toma en cuenta variables de orden macroeconómico.	Estructura de componentes observables. Se puede generalizar a nivel estatal o nacional. Considera elementos del entorno. Toma en cuenta variables macroeconómicas.	No se centra en las características propias de la Ind.4.0, sino más bien en el uso de las TIC en las empresas

Fuente: elaboración propia con base en: Acatech, 2017; Hejduková et al., 2020; Ocampo et al., 2021; ONU, 2018, 2022; Žižek et al., 2020

A diferencia de los índices anteriores, el interés y aporte de este trabajo es revisar el grado generalizado de desarrollo de la I4.0 en las entidades federativas de México e incluir variables que arrojen tendencias sobre el grado de preparación ante la misma. Para ello se propone un índice cuyos subcomponentes se basan en las dimensiones propuestas por Dini y la modificación del componente de ESS hacia economía resiliente que se mencionó en apartados anteriores. Para su elaboración se considerarán indicadores generalizables a nivel estatal y niveles de producción industrial por sector. La principal diferencia entre un índice meramente industrial y uno enfocado en la I4.0 es que este último debe considerar factores propios del grado tecnológico como la capacidad de conectividad y el grado de inserción de tecnologías en los procesos económicos.

Tomando como base el Manual para la Construcción de Indicadores Compuestos de la OCDE, la metodología aplicada plantea la generación de un índice compuesto que muestre el estado actual y las capacidades de las entidades federativas hacia el despliegue de la I4.0. El ICI 4.0 muestra la posición relativa de cada una de las observaciones en comparación con el resto de las mismas en un periodo de tiempo específico que, en este caso, corresponde a 2021, no obstante, el índice propuesto puede ser replicable a otros periodos de tiempo.

Como se ha dicho, la importancia de un análisis subnacional para el caso de México radica en que buena parte de la PDP del país ocurre desde los gobiernos estatales. Igualmente, los análisis nacionales pueden resultar demasiado generales y difieren de acuerdo a las diferentes estructuras políticas y económicas. Los trabajos de investigación que tratan con indicadores globales no ofrecen un panorama de las diferencias que se enmarcan en contextos de amplia desigualdad social como ocurre en el caso de los países de América Latina, incluido México.

Cabe mencionar que además de seguir el manual de la OCDE, también se tomó en cuenta la propuesta metodológica del Instituto Mexicano de Competitividad (IMCO) para la elaboración del Índice de Competitividad Estatal (ICE). Además de ser una metodología ya probada, se consideró esta propuesta por tener un enfoque similar al que se presenta en este texto lo cual facilitó la incorporación de algunos criterios técnicos para el desarrollo del ICI 4.0.

En los apartados siguientes se describe con mayor detalle la metodología propuesta a fin de generar un indicador de seguimiento al despliegue de la I4.0 que refleje no sólo el grado de avance de los sectores productivos, sino que también considere variables referentes al componente de economía sostenible, es decir, que muestre que tan preparados o susceptibles están las entidades para enfrentar los cambios económicos, políticos y sociales que se desprendan de los cambios tecnológicos actuales.

### ¿Qué es un indicador compuesto?

En términos generales, un indicador es una medida derivada de una serie de observaciones que reflejan la posición específica de un caso con respecto a otros, esto es, refleja las diferencias entre unidades de observación y puede ser aplicado en distintos momentos (OCDE, 2008). Los indicadores son útiles para mostrar tendencias y dirigir la atención hacia ciertos asuntos en la agenda pública y son de particular interés en lo que respecta a la evaluación y monitoreo de política, así como para realizar una comparación entre países, regiones o provincias, y vislumbrar su condición en diversas temáticas de interés público (OCDE, 2008).

Por su parte, un indicador compuesto se obtiene al agrupar indicadores individuales en un sólo índice sustentado en una forma específica de construcción (OCDE, 2008). Los indicadores compuestos miden conceptos multidimensionales que no pueden capturarse a través de un único indicador, por ejemplo, el desarrollo sustentable, la integración de los mercados o la desigualdad social (OCDE, 2008).

Como toda metodología, la elaboración de indicadores compuestos presenta ventajas y desventajas. Entre las primeras se han mencionado algunas como la facilidad de presentar un acercamiento a las condiciones de un hecho social, además, por lo general son de fácil interpretación ya que establece un ranking entre las observaciones realizadas y funciona como un resumen multidimensional de un tema específico (OCDE, 2008). Por otro lado, entre las desventajas encontramos que este tipo de mediciones pudiesen considerarse como una visión simplista y generalizada de las políticas públicas o de los problemas que se están analizando,

y que, si bien refleja la condición o el estado de una temática en determinado momento, no así las causas profundas de los resultados obtenidos (OCDE, 2008).

Sin embargo, al proponer un indicador de este tipo se busca evaluar las condiciones ante la I4.0 y establecer un parámetro estandarizado de comparación entre entidades federativas. Más aún, a través de la revisión teórica, documental y de casos destacados hecha en los apartados previos se ha profundizado en algunos aspectos que pudiesen vincular causas y posibles consecuencias del posicionamiento de las entidades con respecto a la puesta en marcha de la I4.0. Este análisis previo ha sido la base para la selección de las variables e indicadores utilizados para la elaboración del ICI 4.0 (OCDE, 2008).

La matriz de indicadores presentada más adelante parte de cuatro de las cinco dimensiones propuestas de Dini, (2022) que integran las PDP. Como se ha señalado previamente, la dimensión de *economía resiliente* sustituye a la de ESS. Por su parte, la revisión de las estrategias de planeación constituye una base empírica que acompaña a la teoría para robustecer los indicadores seleccionados en cada una de las dimensiones del ICI 4.0. Particularmente, en las estrategias de planeación se encontraron variables comunes y fuentes de información que facilitaron la obtención de los datos necesarios en la elaboración del índice.

### Indicadores, datos y subíndices

En la selección de indicadores para cada una de las dimensiones que componen el ICI, se tomaron en cuenta aquellos sugeridos por Dini, (2022), así como otros a los que se hacía comúnmente referencia en literatura y los PED revisados. Del mismo modo, la selección de datos se llevó a cabo tomando en cuenta otros aspectos como la capacidad de medición, la cobertura, que expresaran puntos relevantes del fenómeno, así como cuestiones meramente técnicas como la disponibilidad de la información, y que esta sea pudiese obtenerse de manera regular a fin de posibilitar la replicabilidad del índice. Igualmente, se procuró que cada uno de los indicadores aportara información distinta, pese a que ninguno de los elementos funciona de manera aislada. Es importante mencionar que para algunas variables se optó por considerar indicadores compuestos elaborados por agencias públicas debido a la

dificultad técnica de generarlos. Sin embargo, se tomó en consideración que dichos indicadores compuestos no estuviesen correlacionados con el resto de los datos.

La selección final dio como resultados 18 indicadores agrupados en cinco dimensiones o subíndices: cuatro correspondientes a las categorías propuestas en el marco teórico de Dini (2022) más el de economía resiliente. En la tabla 5 se describen brevemente los indicadores utilizados para el ICI 4.0, sin embargo, es preciso hacer ciertas observaciones sobre las variables cuya medida es compuesta o se agrupó de manera específica. Para las variables que consideran grado tecnológico, la información de las unidades económicas y la población económicamente ocupada (PEO) se clasificó en alto, medio alto, medio bajo y bajo grado tecnológico de acuerdo a los sectores que consideran la OCDE y la Unión Europea (Eurostat, 2022; OCDE, 1997):

- Alto: aeroespacial, computadoras y TIC, medicamentos, nanotecnología y productos ópticos.
- Medio alto: instrumentos científicos, vehículos de motor, equipo electrónico (menos comunicaciones), químicos (menos medicamentos) y maquinaria no eléctrica.
- Medio bajo: caucho y plástico, construcción y reparación de barcos y maquinaria, otras manufacturas, metalurgia, productos no metálicos y petróleo.
- Bajo: papel e imprenta, textiles, alimentos, bebidas y tabaco, madera, muebles, almacenamiento e instrumentos.

Por su parte, para la matrícula STEM se tomó en cuenta al número de personas egresadas en ciencias de la salud, ciencias naturales, matemáticas y estadística, ingeniería, manufactura y construcción, y tecnologías de la información y comunicación.

Tabla 5. Descripción de variables. ICI estatal

Dimensión	Variables	Medida	Fuente
Política de ciencia y tecnología	Presupuesto CyT en	Presupuesto CTI porcentaje del PIB	Cuenta pública por entidad federativa y solicitudes de información
	Centros de investigación	Centros registrados en Reniecyt por cada 100 mil/hab	Cálculo propio con datos de Conahcyt
	Número de investigadores	Tasa de investigadores por cada 100 mil/hab	Cálculo propio con datos de Conahcyt
Políticas comerciales	Programas destinados a CyT	Número de programas	Informes de gobierno estatales y solicitudes de información
	Número de patentes	Solicitudes de patente por cada 100 mil/hab	Cálculo propio con datos del IMPI
Mipymes	Exportaciones de media alta y alta nivel tecnológico	Porcentaje de las exportaciones de alta y media alta de las exportaciones totales	Cálculo propio con datos de Inegi
	Financiamiento Pyme	Promedio de presupuesto entre el total de unidades económicas Pyme	Solicitudes de información en PNT
	Uso de Internet	Porcentaje de unidades económicas Pyme que emplearon servicio de Internet	Cálculo propio con datos de Inegi
	Compras por Internet	Porcentaje de unidades económicas Pyme que hicieron compras por internet	Cálculo propio con datos de Inegi
Políticas sectoriales (clústeres)	Ventas por Internet	Porcentaje de unidades económicas Pyme que hicieron ventas por internet	Cálculo propio con datos de Inegi
	Presencia de clúster	Número de clústeres	Solicitudes de información en PNT
	Complejidad económica	Índice de complejidad económica	Secretaría de Economía
Economía resiliente	Producción de bienes de media alta y alta tecnológica	Porcentaje de la producción de alta y media alta tecnología de la producción total	Cálculo propio con datos de Anuiés
	Matrícula en áreas STEM	Porcentaje de egresados en áreas STEM	Cálculo propio con datos de Inegi
	PEO en áreas de media alta y alta tecnología	Población económicamente ocupada en áreas de media alta y alta tecnología	Cálculo propio con datos de Inegi
	Industria limpia	Índice Industria Limpia	Cálculo propio con datos de Profepa
	Infraestructura digital	Índice de Infraestructura Digital	IFT
	Desarrollo digital	Índice de Desarrollo Digital	IFT

Fuente: elaboración propia

Los índices de complejidad económica, y los de infraestructura y desarrollo digital se tomaron directamente de la fuente que los calcula: para el caso del primero la SE, y los dos últimos el IFT. No así en lo que toca al índice de Industria Limpia, el cual se calculó tomando como base los indicadores declarados por la Profepa normalizando cada uno de ellos en valores mínimos y máximos, para posteriormente obtener un promedio simple del valor de cada uno. Las variables tomadas en cuenta para este último indicador fueron: no. de empresas participantes, ahorro en energía eléctrica (kwh/año en función del consumo de energía promedio por habitante), reducción de emisiones de co2 (t/año), ahorro en agua potable (m3/año), disminución de residuos sólidos urbanos (t/año), disminución residuos peligrosos (t/año) y número de certificados obtenidos.

El uso de Internet en las empresas únicamente se tomó en cuenta en la dimensión de Mipymes como un proxy del uso de tecnologías disruptivas entre este tipo de empresas. La importancia de esto radica en que para estas el acceso a tecnologías disruptivas puede ceñirse al uso de aquellas asequibles por medio de servicios de internet como el cómputo en la nube. Además, dado el volumen de producción que manejan, y las necesidades logísticas y de comunicación de las empresas de mayor tamaño, es de esperar que utilicen Internet, así como otro tipo de tecnologías cuya utilización podría no depender al 100% de una red global como es el caso de la impresión 3D o la realidad virtual y aumentada.

Para la variable de número de clústeres, incluida en la dimensión de políticas sectoriales, se decidió no clasificarlos de acuerdo a su grado tecnológico debido a su diversidad y a la falta de información detallada sobre su grado de desarrollo. Existen clústeres muy variados, como los mineros (ej. Sonora, Hidalgo), en alimentos (ej. Sinaloa), automotrices y aeronáuticos (ej. Guanajuato, Puebla, Querétaro y Nuevo León), o energéticos (Sonora y Tamaulipas), y también hay diferencias considerables en cuanto al número de clústeres declarados: hay entidades que manifiestan no tener ninguno, como Durango o Nayarit, mientras que otras, como Puebla, reportan tener hasta 21. Analizar más a profundidad esta variable merecería un estudio aparte.

Por otro lado, el indicador relacionado con la vinculación de la triple hélice, es decir, la colaboración entre gobierno, academia e industria, no se consideró debido a la dificultad para obtener datos sólidos que reflejen esta relación. Además,

en lo formal, todas las entidades declaran que existe esta vinculación y mencionan diversas estrategias que responden a las prioridades y áreas de competitividad de cada una de los estados.

### Normalización y agregación de componentes

La normalización de datos es el procedimiento llevado a cabo a fin de hacerlos comparables dado que, generalmente, cada una de las mediciones está en una escala distinta (OCDE, 2008). Para realizar este procedimiento existen varias técnicas como la estandarización, la distancia de referencia o la ponderación por rankings (OCDE, 2008). Para el ICI 4.0 se seleccionó una normalización basada en los mínimos y máximos bajo la siguiente fórmula:

$$z_i = \left( \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \right) 100$$

Con este método las variables toman un valor entre cero y 100 en función de los valores que presentan con respecto al resto de las observaciones: el puntaje más bajo toma el valor de cero, el más alto toma el valor de 100 y el resto toman una calificación intermedia de manera proporcional dentro de la escala utilizada. Además de homologar las unidades, este método permite una fácil interpretación de resultados y arroja la posición relativa de cada entidad con respecto del resto a fin de establecer cuáles tienen mejores condiciones ante la I4.0. Esto es de particular importancia porque no es posible establecer cantidades óptimas o absolutas para ninguno de los indicadores que conforman este índice. Cabe señalar que, para todos los valores, más alto implica mejores condiciones.

En seguida se lleva a cabo la ponderación de las variables. Aunque en la mayoría de los índices se otorga un peso igualitario a cada uno de los indicadores (OCDE, 2008), para el presente estudio se decidió ponderar algunas de las variables. Para cada indicador se aplicó una ponderación de 1 o 0.5. Esto debido a que algunos de los indicadores engloban datos que podrían tener menor impacto en el desarrollo productivo o no se vinculan de manera directa a la implementación de tecnologías disruptivas. Por ejemplo, en el caso de la matrícula STEM, no todos

los graduados necesariamente se dedicarán a laborar en estas áreas. De igual forma, los centros de investigación también incluyen estudios de otro tipo, como los estudios sociales. Por lo anterior, a fin de controlar esta forma de sesgo, se optó por ponderar con 0.5 las siguientes variables: centros de investigación, número de investigadores, financiamiento Mipymes, programas en TIC, uso de Internet y matrícula en STEM.

Una vez establecida la ponderación de cada indicador por separado, se agruparon las cinco dimensiones ya mencionadas: política de ciencia y tecnología, políticas comerciales, Mipymes, políticas sectoriales y economía resiliente. La agrupación se llevó a cabo mediante la fórmula de promedio ponderado:

$$\bar{x}_w = \frac{\sum_{i=1}^k x_i w_i n_i}{\sum_{i=1}^k w_i n_i}$$

Donde:

$\bar{x}_w$  = media ponderada.

$x_i$  = valor de la variable en la observación

$w_i$  = peso asociado a la observación

$n_i$  = número de elementos en la observación

$k$  = número total de observaciones.

Es importante mencionar que cada uno de los indicadores y subíndices tiene efectos concomitantes y sistémicos, es decir, un sólo indicador alto no sería determinante por lo que no se asume que un indicador en extremo positivo o negativo sea mejor que varias puntuaciones en un rango promedio. El desarrollo de la I4.0 es un fenómeno complejo en donde todos los indicadores aportan para evaluar el nivel de productividad propiciado por las tecnologías disruptivas y la capacidad de adaptación de las unidades de observación. Por lo anterior, las dimensiones se ponderaron de manera uniforme: cada una con un 20% del puntaje total.

Además del ranking general, se agrupó a las entidades federativas o países en seis categorías siguiendo de manera parcial la propuesta del marco

metodológico del ICE (IMCO, 2024). Las categorías se agrupan de la siguiente forma:

- Muy alto: entidades con puntajes una y media o más desviaciones estándar sobre el promedio.
- Alto: entidades con puntajes entre una, y una y media desviaciones estándar sobre el promedio.
- Medio alto: entidades con puntajes de hasta una desviación estándar sobre el promedio.
- Medio bajo: entidades con puntajes de hasta una desviación estándar debajo del promedio.
- Bajo: entidades con puntajes entre una, y una y media desviaciones estándar por debajo de la media.
- Muy bajo: entidades con puntajes de una y media o más desviaciones estándar debajo del promedio.

## Resultados

### Análisis global

Al observar el grupo al que pertenecen los estados según su nivel de ICI 4.0, se observa una clara tendencia regional (véase figura 2). Los niveles altos de ICI 4.0 se concentran en la franja norte central del país, mientras que las regiones con niveles más bajos se encuentran en la zona sur y en la costa del Pacífico. Esta tendencia está relacionada con la ubicación tanto de industrias manufactureras, como de clústeres industriales. Sin embargo, se esperaría que entidades como Chihuahua, donde existen dos clústeres industriales de alta tecnología, el aeronáutico y el de la industria electrónica, y un consorcio vinculado al desarrollo y promoción de la I4.0 (Chihuahua Futura, 2023), tuvieran condiciones más óptimas en el desarrollo de la misma.

Si bien los estados industrializados son los que tienen mayor puntuación en el índice, es importante recordar que no sólo se consideraron variables directamente relacionadas con la manufactura, sino que también se incorporaron otros elementos

como el desarrollo de las Mipymes y su fortalecimiento, así como factores relacionados con CyT, investigación y matrícula en áreas STEM, aspectos que impactan en otras áreas productivas.

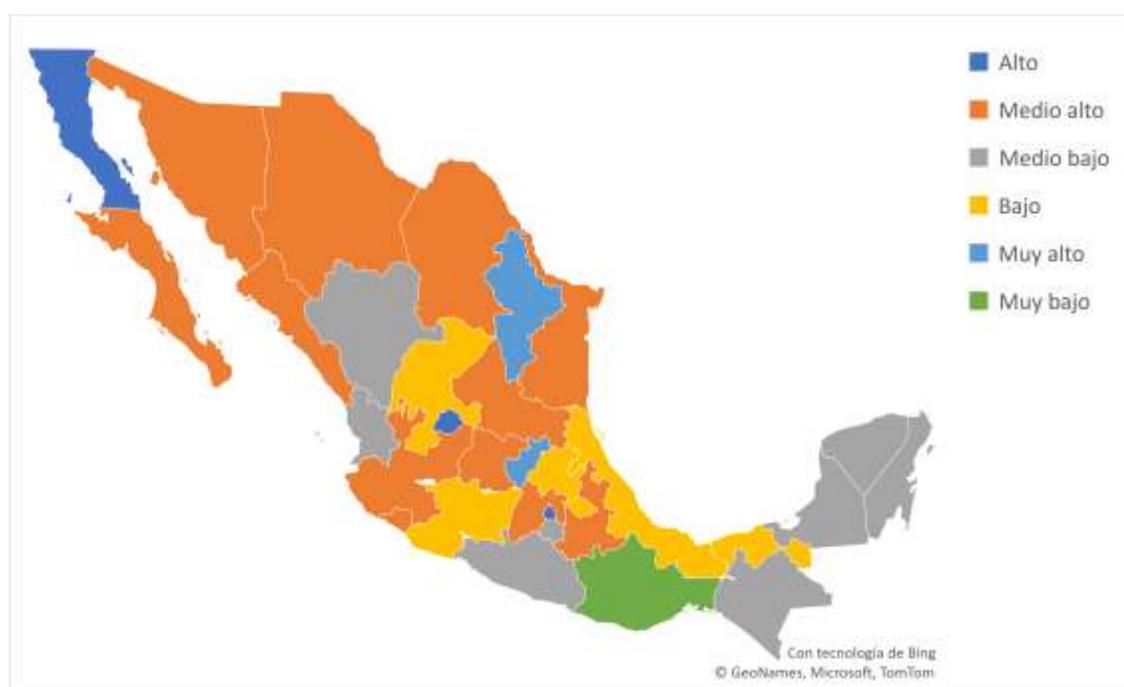
Sólo cinco entidades puntúan en la franja alta o muy alta del indicador: Baja California, Nuevo León, Querétaro, Aguascalientes y CDMX. Salvo esta última, el resto se caracteriza por tener importantes zonas industriales con presencia de clústeres. Sin embargo, la CDMX al ser la capital del país, es de esperarse que tenga un mayor abanico de recursos en distintas áreas y sectores, puesto que ahí se concentran mayores capacidades de competitividad (IMCO, 2024).

De estas entidades, vemos que dos de ellas (Nuevo León y Aguascalientes) plantean desde sus herramientas de planeación el interés en incrementar las capacidades tecnológicas vinculadas a la I4.0 de sus sectores productivos. Los otros dos casos, Guanajuato y Morelos, no puntúan dentro de los niveles más altos, pero se encuentran muy cerca: en la franja media alta del indicador. Aunque a simple vista es posible suponer cierta relación, para evaluar si la inclusión en los PED de líneas en pro de la I4.0 tiene relación con una mayor puntuación en el índice, se llevó a cabo una prueba t para muestras independientes comparando el ICI 4.0 de aquellas entidades con la inclusión explícita de estrategias en favor de la I4.0 ( $M = 42.91$ ,  $DE = 14.28$ ) y aquellas que no la incluían ( $M = 27.75$ ,  $DE = 12.75$ ). Se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre los dos grupos ( $t = -2.70975$ ,  $p = 0.0055$ ): aquellos estados que no consideran planes o programas I4.0 tienen en promedio un ICI 4.0 menor.

Cabe mencionar que, además de los cuatro casos expuestos en el apartado anterior, también se incluyeron dentro del grupo de estado con mención explícita de I4.0 en el PED a las entidades de San Luis Potosí y Yucatán las cuales, como se dijo anteriormente, no profundizan en estrategias, pero sí consideran el término dentro de sus objetivos y planeación. También se incluyó en este grupo a Querétaro debido a que su PED considera la tecnologización y digitalización del gobierno, y hace énfasis en su aplicación para el desarrollo de una economía digital cuyos objetivos empatan con la noción de I4.0 (Gobierno de Querétaro, 2021).

Por otro lado en la figura 2 resulta notorio que entidades con indicadores de pobreza más amplios, como Oaxaca, Guerrero o Chiapas (Coneval, 2022), son aquellas con menos elementos para resistir a la tecnologización de los sectores productivos. Lo anterior podría implicar que las tecnologías disruptivas y la hiperconectividad económica no es que estén creando nuevas diferenciaciones sociales, sino que están profundizando aquellas ya existentes como son las diferencias étnicas, etarias, de ingreso o de género.

Figura 2. ICI 4.0 estatal



Fuente: elaboración propia con base en ICI 4.0 estatal, 2024

Tabla 6. Puntaje global del ICI 4.0 por entidad federativa

Entidad	ICI 4.0	Entidad	ICI 4.0	Entidad	ICI 4.0
Oaxaca	4.70	Yucatán	23.63	San Luis Potosí	38.45
Michoacán	12.43	Guerrero	23.83	Guanajuato	41.98
Hidalgo	14.72	Morelos	28.50	Coahuila	43.51
Tabasco	14.72	Quintana Roo	28.61	Chihuahua	44.00
Zacatecas	15.19	Sinaloa	31.16	Colima	44.26
Veracruz	15.32	Puebla	32.00	Baja California	48.43
Tlaxcala	16.70	Jalisco	34.24	Aguascalientes	49.44
Campeche	17.78	Baja California Sur	34.92	CDMX	49.73
Chiapas	17.92	Tamaulipas	35.23	Querétaro	54.15

Nayarit	18.09	Sonora	36.18	Nuevo León	64.26
Durango	22.88	México	37.39	Promedio	31.07

Fuente: elaboración propia con base en ICI 4.0

Como se ha visto, los resultados generales del índice apuntan a ciertas diferenciaciones regionales. Para confirmar esta tendencia, se llevó a cabo una prueba ANOVA, una vez confirmados que los supuestos normalidad y homocedasticidad se cumplían. Es importante mencionar que, como la mayoría de las pruebas estadísticas, el ANOVA es más consistente a mayor número de observaciones, no obstante, si bien esta prueba no es robusta a la normalidad, si lo es al tamaño (O. Pérez-Veyna, comunicación personal, 4 de junio de 2024) por lo que es válida su aplicación.

Para este el análisis se tomaron en cuenta las cinco regiones establecidas por Inegi: sur-sureste (Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán), centro (Ciudad de México y Estado de México), centro-norte (Aguascalientes, Colima, Durango, Guanajuato, Jalisco, Nayarit, San Luis Potosí y Zacatecas), centro-sur (Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro y Tlaxcala ), y norte (Baja California, Baja California Sur, Coahuila, Chihuahua, Nuevo León, Sonora, Sinaloa y Tamaulipas). Los resultados arrojan que la región sur-sureste es la que presenta mayores diferencias con el resto, sin diferencia únicamente con la zona centra-sur. Esta zona se compone de entidades enfocadas mayormente en el turismo y a ella pertenecen varios de los municipios más pobres de México (Coneval, 2022). Lo anterior es consistente con las pruebas de correlación que se expondrán más adelante, y que se llevaron a cabo para medir la robustez del indicador.

Tabla 7. ANOVA para índice por Región

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2797.27	4	699.318	5.26	0.0029
Intra grupos	3591.14	27	133.005		
Total (Corr.)	6388.42	31			

Tabla 8. Pruebas de Múltiple Rangos para índice por Región

Método: 95.0 porcentaje LSD

Nombre	Región	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Sur-sureste		1	7	17.5263 X
Centro-sur		4	7	26.0472 XX
Centro-norte		3	8	33.0671 XX
Norte		5	8	42.2103 X
Centro		2	2	43.558 XX
Contraste		Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2		*	-26.0317	18.9729
1 - 3		*	-15.5408	12.247
1 - 4			-8.52086	12.6486
1 - 5		*	-24.6839	12.247
2 - 3			10.4909	18.7075
2 - 4			17.5108	18.9729
2 - 5			1.34776	18.7075
3 - 4			7.01994	12.247
3 - 5			-9.14314	11.8317
4 - 5		*	-16.1631	12.247

\* indica una diferencia significativa.

A pesar de que cualquier análisis estadístico con tan pocas observaciones es cuestionable, tanto la prueba t como la ANOVA se realizaron únicamente para corroborar una tendencia hasta cierto punto notoria (y esperable) ya desde la presentación de los resultados globales del ICI 4.0.

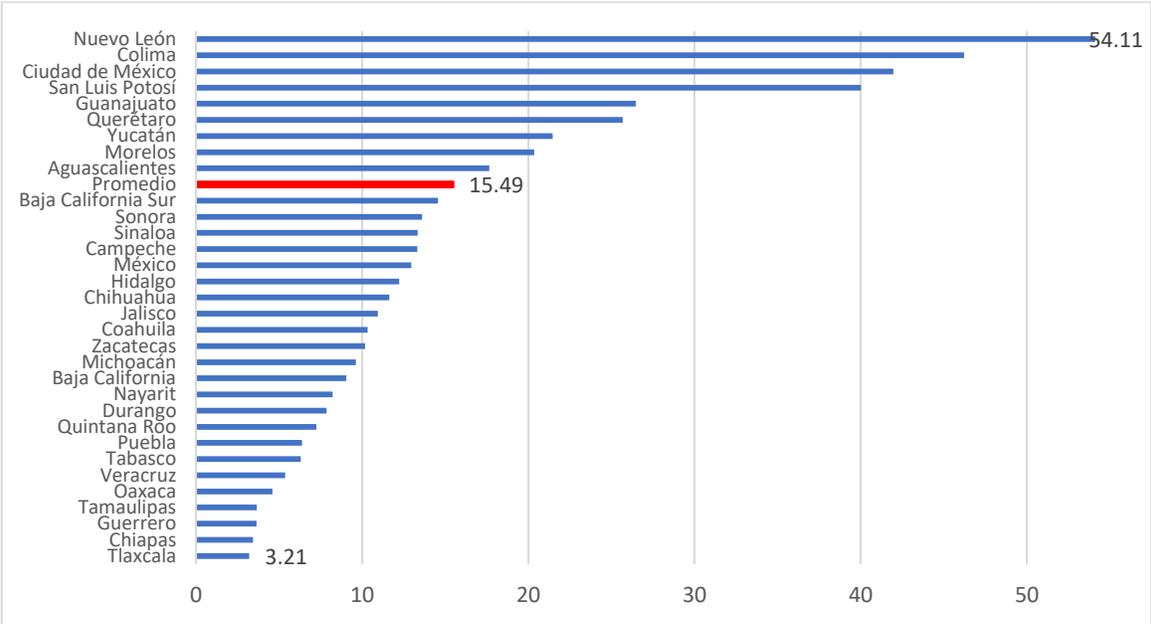
### Resultados por dimensión

Al analizar dimensión por dimensión, vemos que no necesariamente son las mismas entidades las que se encuentran en los puntos más altos o más bajos, aunque hay varias coincidencias. Por ejemplo, Oaxaca suele aparecer entre los cinco últimos lugares en cada uno de los indicadores y aparece como el último lugar casi en todas las dimensiones, salvo en el caso de políticas de CyT, donde aparece con la quinta posición más baja. Lo mismo ocurre a la inversa, es decir, aquellos estados que puntúan más alto no siempre aparecen mejor puntuados en todas las categorías. Nuevo León y Guanajuato se encuentran dentro de los primeros cinco lugares en cada una de las dimensiones, aunque este último tiene la novena posición más alta en el índice global.

Son las políticas en ciencia y tecnología (15.49), y las políticas comerciales (32.52) las subdimensiones que, en promedio, presentan puntajes más bajos. Para la primera, Nuevo León, la entidad con mayor puntuación, apenas cubre un poco más de 50 puntos en una escala del 0 al 100, y en la cuestión de políticas

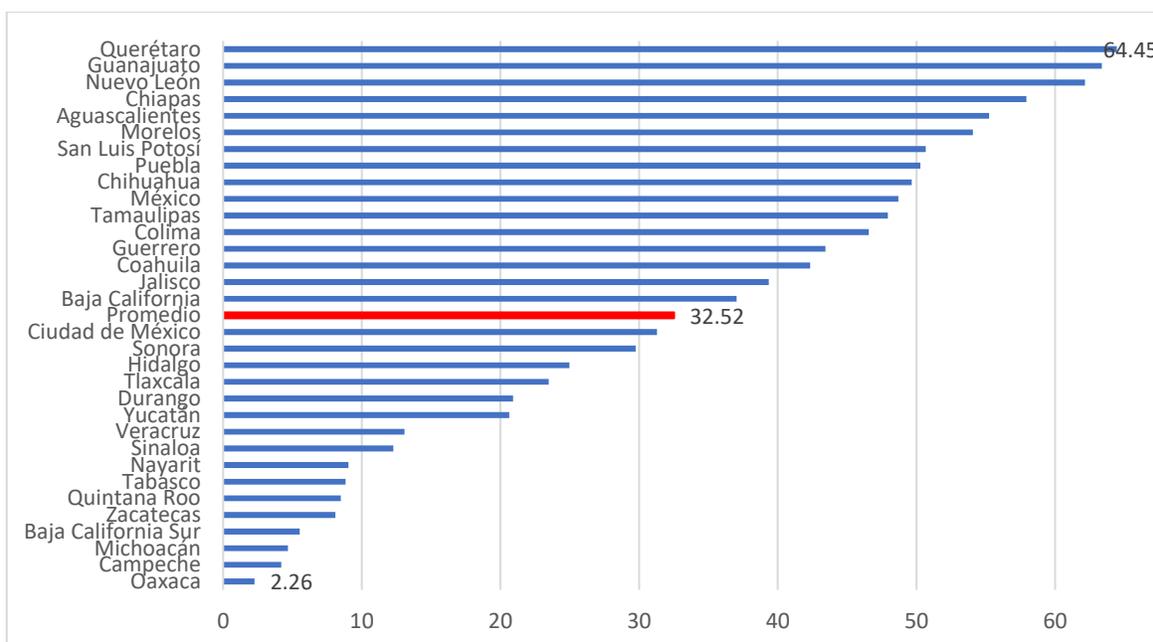
comerciales es Querétaro con 64 puntos. Esto refleja que más allá de la búsqueda de productividad, la investigación en CyT y la generación de tecnología propia es muy limitada para cada una de las entidades federativas. Recordemos que en este punto se toman en cuenta centros de investigación, generación de patentes, entre otros, cuyos valores denotan la dependencia tecnológica de las entidades federativas, dinámica que se sabe similar en México y América Latina.

Figura 3. Políticas de ciencia tecnología. ICI 4.0 estatal



Fuente: elaboración propia con base en ICI, 2024

Figura 4. Políticas comerciales. ICI 4.0 estatal



Fuente: elaboración propia con base en ICI, 2024

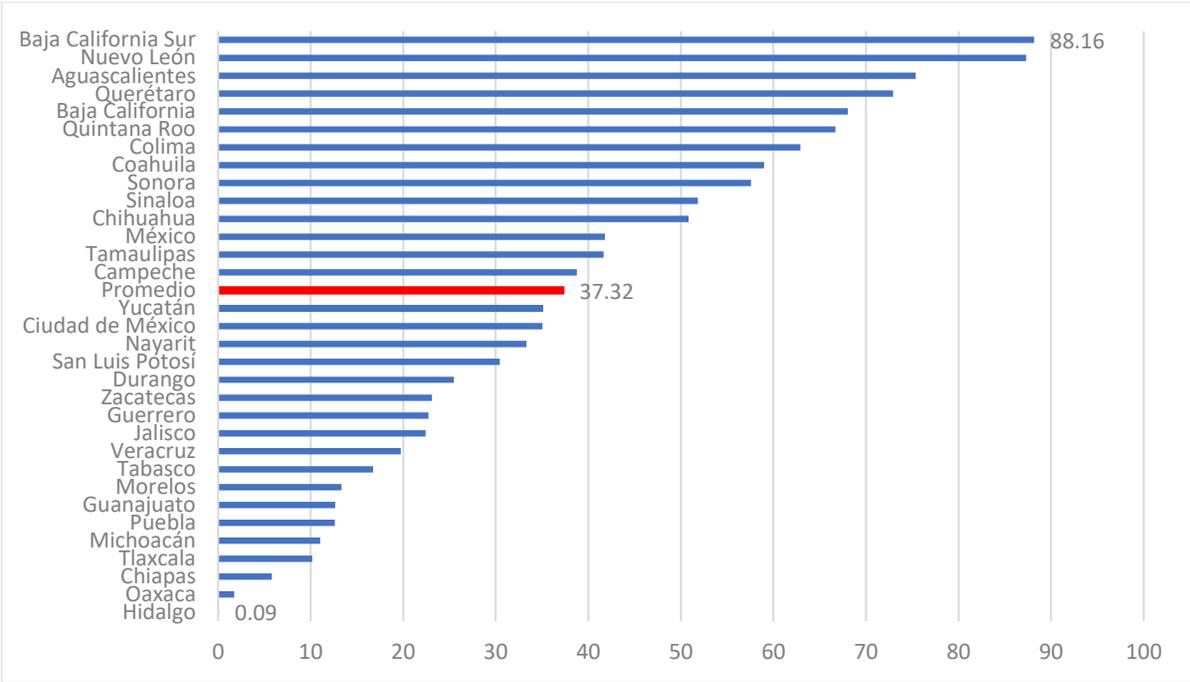
En Mipymes y políticas sectoriales, se encuentran promedios más altos. Para la primera, en todos los PED se señala la implementación de programas de apoyo y financiamiento a este tipo de empresas. Aunque en la mayoría de los casos los programas se quedan en el mero financiamiento sin un destino preestablecido por el propio programa, existen otros que especifican algún componente tecnológico, la mayoría muy básico, por ejemplo, la adquisición de terminales para el pago electrónico o la capacitación en el uso de herramientas digitales. Más aún, de acuerdo a los datos de Inegi, el porcentaje de Mipymes que utiliza Internet para realizar compra o venta de mercancías es de alrededor del 4% (Inegi, 2024), lo cual puede deberse a que buena parte son de consumo local: tortillerías, tiendas de abarrotes, etc.

Para obtener datos sobre el financiamiento y programas Mypimes, se hicieron solicitudes de información a las secretarías y entidades de la administración pública estatal, y se revisaron los informes de gobiernos de los distintos gobiernos estatales. La información obtenida entre ambas discrepaba considerablemente en

cuanto al presupuesto asignado. Por ello, se decidió utilizar únicamente las respuestas obtenidas a través de las solicitudes de información, con el fin de mantener la consistencia de este indicador en particular. Además, esta fuente se considera más formal y robusta, ya que la información incluida en los informes de gobierno suele ser menos detallada. Cabe señalar que aquellas entidades que no especificaron el monto o generaron respuestas ambiguas en las solicitudes de información realizadas, se excluyeron del indicador por no contar con datos consistentes. Este fue el caso de: Baja California Sur, Coahuila, Colima, Estado de México, Morelos, Nayarit y Veracruz.

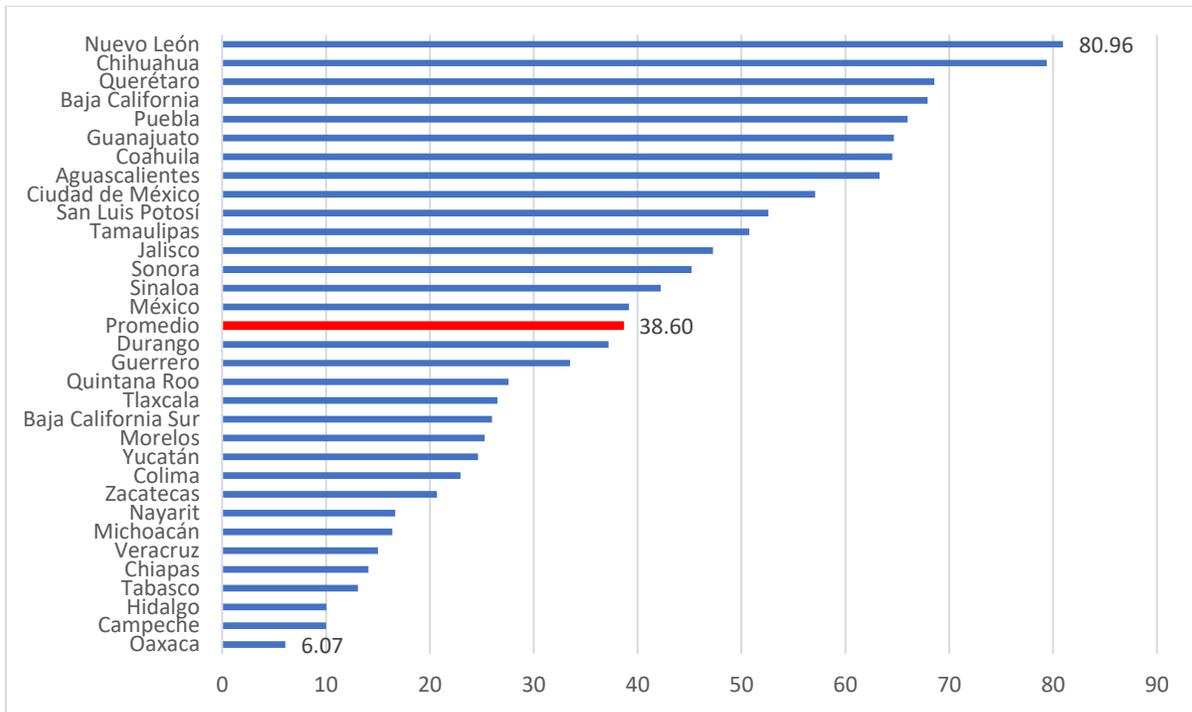
Es notable que varias entidades federativas (declararon que para el año 2021 no hubo presupuesto asignado para el desarrollo o fortalecimiento de las Mipymes. Esto posiblemente esté vinculado a que 2021 tiene características peculiares siendo el año inmediato al periodo pandémico. Es posible que parte del presupuesto previsto para diferentes rubros se reasignara para contrarrestar los efectos de la pandemia por COVID-19, lo cual pudo afectar los presupuestos destinados al desarrollo empresarial.

Figura 5. Mipymes. ICI 4.0 estatal



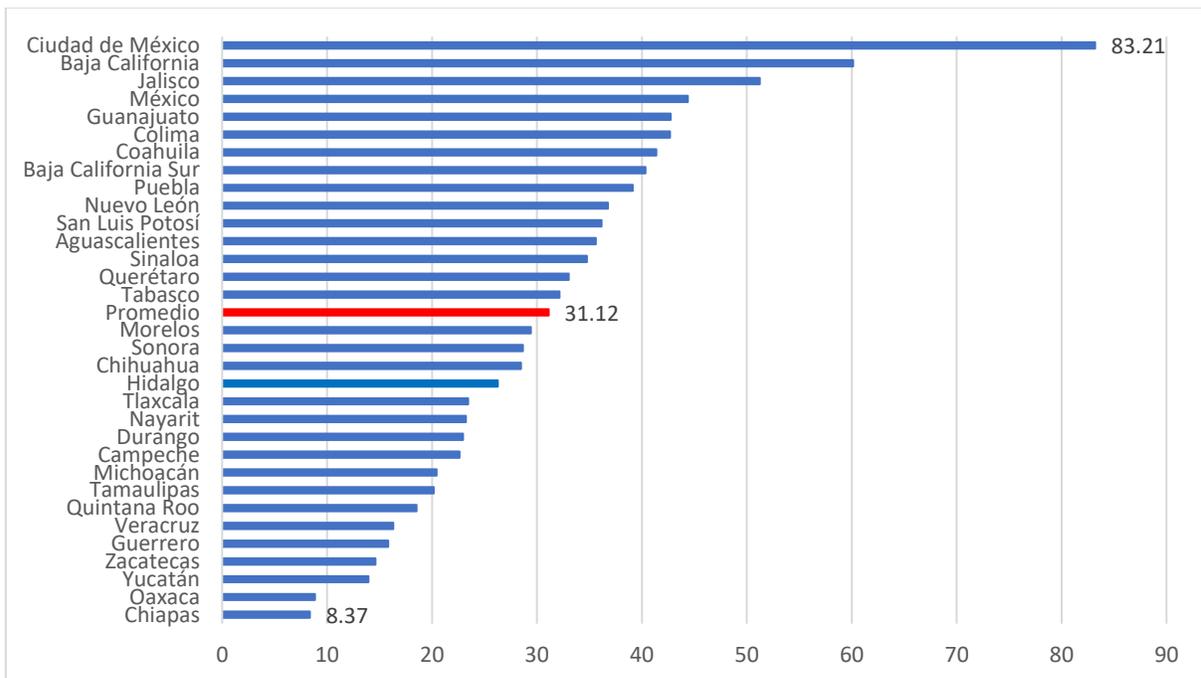
Fuente: elaboración propia con base en ICI, 2024

Figura 6. Políticas sectoriales. ICI 4.0 estatal



Fuente: elaboración propia con base en ICI, 2024

Figura 7. Economía resiliente. ICI 4.0 estatal



Fuente: elaboración propia con base en ICI, 2024

Por otro lado, en lo que toca a la política sectorial, vemos que también Nuevo León aparece con casi el 81% de los puntos posibles: son varios los clústeres que existen en la región, incluidos el farmacéutico y el automotriz, y su índice de complejidad económica es muy amplio. En cuanto a la dimensión de economía resiliente, todas las entidades se han sumado a establecer procesos para la industria limpia: pese a que el promedio es de alrededor de 31 puntos y la puntuación más alta lo obtiene la CDMX con 83 de los puntos posibles para este subíndice, esta subdimensión es la segunda, después de políticas de CyT con la desviación estándar más baja.

### Pruebas de robustes del ICI 4.0

A fin de medir la solidez del índice generado, se realizaron pruebas de correlación con variables cuyo impacto resultaría esperable de acuerdo a la experiencia y a la teoría (OCDE, 2008). Para este fin, se eligieron las variables de inversión extranjera directa (IED) e indicadores de pobreza. Como se mencionó anteriormente, aun cuando el número de observaciones para el ICI 4.0 es limitado, la muestra cumple con los principios de normalidad y homocedasticidad, sin embargo, la variable de IED y los indicadores de pobreza no lo hacen. Por lo anterior, se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman para realizar el procedimiento. Este mide la fuerza de la asociación entre las variables y es menos susceptible a valores atípicos bajo la siguiente fórmula:

$$r_s = \frac{1 - 6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

Donde:

$r_s$  = coeficiente de correlación por rangos de Spearman.

$d$  = diferencia entre los rangos ( $x - y$ )

$n$  = número de datos

Para este cálculo se consideró que:

$H_0$ : no hay asociación entre variables.

H1: hay asociación entre variables.

Rechazando la  $H_0$  con un  $p < 0.005$

Al llevar a cabo la correlación de Spearman entre la IED y el ICI encontramos que la correlación resulta significativa. En ambos casos la correlación esperada es positiva ya que mientras más se incrementan las capacidades ante el despliegue de la I4.0, es factible que la entidad resulte más atractiva para la inversión. Lo anterior quedó comprobado a partir del ejercicio estadístico realizado obteniendo una correlación de 0.420 ( $p = 0.016$ ) para cada una de las modalidades respectivamente con un nivel de significancia de 0.05.

Para el caso de los indicadores de pobreza, se utilizaron los datos de Coneval. En este sentido, se espera que estados con una infraestructura industrial más consistente también influyan en las condiciones de pobreza: de no se cumplen las condiciones más básicas de calidad de vida, no puede esperarse que haya interés en establecer unidades productivas con tecnologías más avanzadas o infraestructura digital más completa.

Se realizó una correlación entre varias dimensiones de pobreza multidimensional analizadas por Coneval y el ICI 4.0. Aunque no se encontró una correlación estadísticamente significativa entre el indicador global de personas bajo línea de pobreza y el ICI 4.0, se observa que de los 10 estados que más redujeron su pobreza entre 2020 y 2022, seis se encuentran entre los tres primeros lugares del índice de competencias para la industria 4.0.

Tabla 8. Entidades con mayor disminución de la pobreza y mayor puntaje ICI

Mayor disminución de la pobreza		Puntajes más altos de ICI 4.0	
Entidad federativa	Diferencia % 2020-2022	Entidad federativa	Valor ICI
<b>Baja California Sur</b>	-49.82	Nuevo León	68.92
Quintana Roo	-42.11	Querétaro	55.64
Baja California	-40.00	Ciudad de México	49.71
Nuevo León	-31.81	Aguascalientes	45.89
Chihuahua	-29.75	Coahuila de Zaragoza	43.67
Jalisco	-29.51	Baja California	43.23
Querétaro	-28.46	Colima	42.19
Sonora	-26.51	Guanajuato	41.69
Coahuila	-26.47	Chihuahua	41.42
Ciudad de México	-25.90	San Luis Potosí	38.32

Fuente: elaboración propia con base en ICI, 2024 y Coneval, 2022.

Sin embargo, al realizar la correlación por separados de los componentes de la pobreza multidimensional, se encontró una correlación estadísticamente significativa en varios de ellos. El más consistente fue el de población no pobre y no vulnerable, que correlaciona positivamente con el ICI 4.0 con 0.5556 ( $p = 0.001$ ). Lo anterior implica que entre mejores sean las condiciones ante la I4.0, mayor será el porcentaje de población que no se encuentre en condición de pobreza ni de vulnerabilidad. Sin embargo, esto debe tomarse con cautela ya que al hacer el mismo procedimiento la correlación del ICI 4.0 con la población vulnerable únicamente por ingreso también resulta estadísticamente significativa y positiva, es decir, a mayor ICI 4.0, mayor el número de personas en condición de vulnerabilidad por ingreso (0.4120,  $p=0.0212$ ). Esto podría deberse a factores vinculados con el incremento de la precarización laboral, una disminución en la mano de obra empleada y una mayor diferenciación en los salarios debido al avance tecnológico. Igualmente, la vulnerabilidad por cuestiones no asociadas al salario podría estar relacionada con la infraestructura tecnológica u otros factores similares.

Por otro parte, la variable sobre ingreso inferior a la línea de pobreza extrema por ingresos, presenta una relación estadísticamente significativa con el ICI en sentido negativo con -0.3822 (0.0338). Esto resulta esperable y consistente ya que,

a más capacidades de ICI, se esperaría que hubiese una tendencia a la disminución de población en situación de pobreza extrema.

En este punto es importante destacar que el análisis correlacional realizado se llevó a cabo únicamente para medir la solidez del indicador, ya que era esperable una correlación con la IED e indicadores referentes a pobreza y vulnerabilidad. Sin embargo, la revisión hecha hasta ahora no permite establecer factores causales o prever posibles resultados, sino únicamente sostener que el índice aquí presentado es consistente, además de plantear posibilidades para futuras investigaciones y análisis más profundos que sobrepasan los objetivos de esta investigación.

### Reflexiones finales

Como todo avance tecnológico, la implementación de la I4.0 representa un desafío y una oportunidad para los distintos sectores sociales. Para las entidades federativas de México, los principales retos se dan en términos de desarrollo productivo y competitividad. A lo largo del documento, se evidencia que, si bien se menciona la importancia de la tecnologización del sector productivo, son pocos los estados que han implementado programas específicos para promover la adopción de tecnologías disruptivas en sus unidades económicas.

Destaca la necesidad de generar un indicador que refleje el estado de la I4.0 no sólo dentro de las empresas, sino a un nivel más amplio que tome en cuenta aspectos de economía sostenible y la preparación de las entidades para enfrentar los cambios tecnológicos actuales. El ICI 4.0 pretende ampliar estas perspectivas incorporando variables vinculadas con la capacidad de las entidades para hacer frente a las transformaciones sociales y económicas derivadas del cambio tecnológico.

Además, como se ha mencionado y aunque su nombre podría indicar otra cosa, la I4.0 no únicamente se vincula al sector de transformación, sino que tiene usos y aplicaciones en todo tipo de áreas productivas. Otro de los objetivos del ICI 4.0 ha sido el incorporar variables e indicadores que tomen en cuenta el grado de avance tecnológico en las unidades productivas independientemente del sector al que pertenezcan y su tamaño.

Uno de los desafíos principales al crear un índice de este tipo es la falta de información sobre el uso de tecnologías disruptivas por parte de las empresas. La variable más directa disponible es el uso de internet para transacciones comerciales, pero se desconoce si se emplea de otras formas, como en servicios de cómputo en la nube o procesamiento de datos. La falta de información impide saber si las Mipymes y las empresas de mayor tamaño, utilizan tecnologías disruptivas como el análisis de Big Data, la IA, la impresión 3D o los sistemas ciberfísicos.

El régimen político también es un factor que influye significativamente en el desarrollo de las políticas industriales. Como se ha mencionado, en México no se ha desarrollado una estrategia que coordine los programas de política nivel nacional, sino que han sido las entidades federativas las que han ejercido esta función de manera aislada, razón por la cual resulta de importancia analizar la PDP a nivel subnacional. En este sentido, si bien el indicador propuesto no profundiza en las particularidades internas de cada entidad, lo cual podría ser objeto de futuras investigaciones, ofrece una visión general de la posición de las entidades en el contexto nacional.

Como todo valor numérico generalizador, el ICI 4.0 tiene algunas limitaciones, entre ellas que hay aspectos difíciles de medir y la mayoría de los indicadores utilizados funcionan como proxys. A pesar de esto, el índice revela diferencias regionales significativas entre las entidades con distintos niveles de desarrollo resaltando que la tecnologización en áreas productivas tiende a profundizar desigualdades y vulnerabilidades sociales preexistentes. Si bien harían falta más estudios para analizar a profundidad las diferencias regionales que se presentan, los resultados aquí expuestos funcionan para sondear las condiciones de las entidades federativas ante la I4.0.

Ya desde el programa de política alemán de 2011 que dio origen al término, es posible decir que las estrategias de desarrollo de la I4.0 son muy recientes lo cual restringe las posibilidades para evaluar sus resultados. Sin embargo, se pueden observar ciertas tendencias. Una de las más notorias es que poco se está trabajando en la reducción de diferencias preexistentes en cuanto al uso y

apropiación tecnológica refiere. Como se ha visto, todo apunta a que aquellas entidades que ya tenían una industria fortalecida son los que están más interesados en consolidar las capacidades tecnológicas y digitales del sector productivo, a diferencia de aquellos estados cuyos sectores económicos no están vinculados necesariamente a la industria.

Si bien la I4.0 va más allá del sector de transformación y abarca otros sectores productivos, pues el potencial de las tecnologías disruptivas que la componen es amplio y multiusos, su impulso, al menos desde la planeación estatal, sigue acotándose al sector secundario. Salvo con algunas excepciones como Guanajuato y Querétaro, el análisis indica que dicho potencial no se está considerando más allá del entorno industrial, menos aún en aquellos estados en condiciones de vulnerabilidad social. La falta de interés en el fortalecimiento de las capacidades tecnológicas de las unidades productivas que, aunado a la carencia de una estrategia nacional proactiva y pertinente, converge en una profundización de diferencias a nivel individual y entre las propias empresas.

El avance hacia la I4.0 en las entidades federativas de México requiere de un enfoque integral que promueva la adopción de tecnologías innovadoras, la digitalización de procesos y la creación de un entorno propicio no sólo para la implementación de las tecnologías disruptivas, sino también para su desenvolvimiento. En este sentido, resalta la importancia de una política nacional que alinee las políticas a nivel estatal para impulsar el desarrollo tecnológico de manera equilibrada y mejorando la competitividad del país en conjunto y no de forma aislada como parece ocurrir en la actualidad.

## Referencias

- Acatech. (2013). Securing the future of German manufacturing industry Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0 Final report of the Industrie 4.0 Working Group. [https://www.academia.edu/36867338/Securing\\_the\\_future\\_of\\_German\\_manufacturing\\_industry\\_Recommendations\\_for\\_implementing\\_the\\_strategic\\_initiative\\_INDUSTRIE\\_4\\_0\\_Final\\_report\\_of\\_the\\_Industrie\\_4\\_0\\_Working\\_Group](https://www.academia.edu/36867338/Securing_the_future_of_German_manufacturing_industry_Recommendations_for_implementing_the_strategic_initiative_INDUSTRIE_4_0_Final_report_of_the_Industrie_4_0_Working_Group)
- Acatech. (2017). Industrie 4.0 Maturity Index. [https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech\\_STUDIE\\_Maturity\\_Index\\_eng\\_WEB.pdf](https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_Maturity_Index_eng_WEB.pdf)

- Alburquerque, F. (2015). Las Políticas de Desarrollo Productivo y el Desarrollo Económico Territorial. <https://www.franciscoalburquerque.com/wp-content/uploads/2021/04/1.-Las-Policas-de-Desarrollo-Productivo-y-el-DeT.pdf>
- Amaro Rosales, M. A., & Ortiz-Espinoza, Á. (2023). Planes y programas públicos para el fomento de la Industria 4.0 en México: Las experiencias de Guanajuato y Nuevo León. *Entretextos*, 15(39), Article 39. <https://doi.org/10.59057/iberoleon.20075316.202339675>
- Basir, R., Qaisar, S., Ali, M., Aldwairi, M., Ashraf, M. I., Mahmood, A., & Gidlund, M. (2019). Fog Computing Enabling Industrial Internet of Things: State-of-the-Art and Research Challenges. *Sensors*, 19(21), 4807. <https://doi.org/10.3390/s19214807>
- Bravo Aduna, R. (2019, octubre 24). Política industrial en los márgenes de lo posible. *Nexos*. <https://economia.nexos.com.mx/politica-industrial-en-los-margenes-de-lo-posible/>
- Cámara de Diputados. (2022). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>
- Casalet, M. (2018). La digitalización industrial. Un camino hacia la gobernanza colaborativa. Cepal. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44266/1/S1800941\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44266/1/S1800941_es.pdf)
- Chihuahua Futura. (2023, agosto 3). Chihuahua Futura – Transformando Chihuahua. <https://chihuahuafutura.org/>
- Cimoli, M., Dosi, G., & Stiglitz, J. E. (Eds.). (2009). *Industrial Policy and Development: The Political Economy of Capabilities Accumulation*. Oxford University Press. <https://academic.oup.com/book/32519>
- Coneval. (2022). Anexo estadístico 2022 [dataset]. [https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/AE\\_pobreza\\_2022.aspx](https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/AE_pobreza_2022.aspx)
- Deloitte. (2019, mayo 17). Política industrial, la gran ausente en el PND | D.Noticias. Deloitte México. <https://www2.deloitte.com/mx/es/pages/dnoticias/articles/politica-industrial-ausente-en-PND.html>
- Dini, M. (2022, agosto 18). Políticas para el desarrollo productivo en América Latina: Elementos para el debate. Elades, Santiago de Chile.
- Eurostat. (2022, febrero 3). Glossary:High-tech classification of manufacturing industries. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:High-tech\\_classification\\_of\\_manufacturing\\_industries](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:High-tech_classification_of_manufacturing_industries)
- Feldman, P. J., & Girolimo, U. (2021). La Industria 4.0 en perspectiva latinoamericana: Limitaciones, oportunidades y desafíos para su desarrollo. *Revista Perspectivas de Políticas Públicas*, 10(20), Article 20. <https://doi.org/10.18294/rppp.2021.3645>

- Gobierno de Aguascalientes. (2020). Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022.
- Gobierno de Aguascalientes. (2023). Plan Estatal de Desarrollo 2022-2027.  
[file:///C:/Users/allur/Desktop/nuevos%20tesis%20marzo%202023/planes%20estatales/AGS\\_2022\\_2027.pdf](file:///C:/Users/allur/Desktop/nuevos%20tesis%20marzo%202023/planes%20estatales/AGS_2022_2027.pdf)
- Gobierno de Chihuahua. (2021). Plan Estatal de Desarrollo 2021-2027.  
<https://www.congresochoihuahua2.gob.mx/biblioteca/iniciativas/archivos/Iniciativas/17946.pdf>
- Gobierno de Coahuila. (2017). Plan Estatal de Desarrollo 2017-2023.  
[https://coahuila.gob.mx/archivos/pdf/Publicaciones/PED2017-2023/Plan\\_Estatal\\_Desarrollo\\_baja.pdf](https://coahuila.gob.mx/archivos/pdf/Publicaciones/PED2017-2023/Plan_Estatal_Desarrollo_baja.pdf)
- Gobierno de Colima. (2021). Plan Estatal de Desarrollo 2021-2027.  
[https://admiweb.col.gob.mx/archivos\\_prensa/banco\\_img/file\\_61dc953663630\\_GdCPlandeDesarrolloEstatal.pdf](https://admiweb.col.gob.mx/archivos_prensa/banco_img/file_61dc953663630_GdCPlandeDesarrolloEstatal.pdf)
- Gobierno de Guanajuato. (2018). Reglas de operación programa “iNNdustria 4.0” ejercicio fiscal 2019.  
[https://periodico.guanajuato.gob.mx/downloadfile?dir=anio\\_2018&file=PO\\_261\\_11va\\_Parte\\_20181227\\_2201\\_5.pdf](https://periodico.guanajuato.gob.mx/downloadfile?dir=anio_2018&file=PO_261_11va_Parte_20181227_2201_5.pdf)
- Gobierno de Guanajuato. (2019). Resumen ejecutivo. Plan Estatal de Desarrollo de Guanajuato. [https://iplaneg.guanajuato.gob.mx/ped2040/wp-content/uploads/2019/01/PED\\_Gto2040\\_WEB.pdf](https://iplaneg.guanajuato.gob.mx/ped2040/wp-content/uploads/2019/01/PED_Gto2040_WEB.pdf)
- Gobierno de Guerrero. (2022). Plan Estatal de Desarrollo 2022-2027.  
<https://www.guerrero.gob.mx/wp-content/uploads/2022/06/PED-2022-2027.pdf>
- Gobierno de la CDMX. (2020). Plan General de Desarrollo de la CDMX 2019-2024.  
[https://plazapublica.cdmx.gob.mx/uploads/decidim/attachment/file/288/PGD\\_CDMX\\_completo.pdf](https://plazapublica.cdmx.gob.mx/uploads/decidim/attachment/file/288/PGD_CDMX_completo.pdf)
- Gobierno de Michoacán. (2021). Plan Estatal de Desarrollo 2021-2027.  
<https://drive.google.com/file/d/1zgtDZ6LBvo2J3OwwxVLxJJOQ-uokL7mx/view>
- Gobierno de Morelos. (2021). Plan Estatal de Desarrollo 2019-2019.  
[http://marcojuridico.morelos.gob.mx/archivos/reglamentos\\_estatales/pdf/PE\\_D2019-2024.pdf](http://marcojuridico.morelos.gob.mx/archivos/reglamentos_estatales/pdf/PE_D2019-2024.pdf)
- Gobierno de Morelos. (2022, octubre 18). Mantendremos a Morelos como referente en industria a través de nuevas tendencias digitales: Cecilia Rodríguez. Gobierno de Morelos.  
<https://morelos.gob.mx/?q=prensa/nota/mantendremos-morelos-como-referente-en-industria-traves-de-nuevas-tendencias-digitales>
- Gobierno de Nuevo León. (2022). Plan estatal de desarrollo de Nuevo León 2022-2027.  
[https://www.nl.gob.mx/sites/default/files/plan\\_estatal\\_de\\_desarrollo\\_nuevo\\_leon\\_2022-2027\\_-\\_pdf.pdf](https://www.nl.gob.mx/sites/default/files/plan_estatal_de_desarrollo_nuevo_leon_2022-2027_-_pdf.pdf)

- Gobierno de Nuevo León. (S/F). Estado inteligente: Nuevo León 4.0. [https://www.nl.gob.mx/sites/default/files/presentacion\\_nl40\\_31\\_mayo\\_-\\_rev\\_02\\_2\\_0.pdf](https://www.nl.gob.mx/sites/default/files/presentacion_nl40_31_mayo_-_rev_02_2_0.pdf)
- Gobierno de Oaxaca. (2022). Plan Estatal de Desarrollo 2022-2028. <http://www.ped.oaxaca.gob.mx/ped/Archivos/inicio/PLAN%20DE%20DESARROLLO%20ESTATAL%202022-2028-web.pdf>
- Gobierno de Querétaro. (2021). Plan Estatal de Desarrollo 2021-2027. [https://plan.queretaro.gob.mx/docs/PEDQ\\_Final\\_D\\_pag.pdf](https://plan.queretaro.gob.mx/docs/PEDQ_Final_D_pag.pdf)
- Gobierno de SLP. (2022). Plan Estatal de Desarrollo 2021-2027. <https://slp.gob.mx/secult/pdf/220408-PED-2021-2027-Completo.pdf>
- Gobierno de Tabasco. (2019). Plan Estatal de Desarrollo 2019-2024. [https://tabasco.gob.mx/sites/default/files/users/planeacion\\_spf/PLED%202019-2024.pdf](https://tabasco.gob.mx/sites/default/files/users/planeacion_spf/PLED%202019-2024.pdf)
- Gobierno de Tamaulipas. (2016). Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022. <http://www.upalt.edu.mx/wp-content/uploads/2020/01/plan-estatal-de-desarrollo-2016-2022.pdf>
- Gobierno de Veracruz. (2016). Plan Estatal de Desarrollo 2019-2024. [http://repositorio.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/4/files/transp/pvd\\_2019\\_2024/Gac2019-224\\_Miercoles\\_05\\_TOMO\\_II\\_Ext\\_\(PLAN\\_VERACRUZANO\\_2019\\_2024\).pdf](http://repositorio.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/4/files/transp/pvd_2019_2024/Gac2019-224_Miercoles_05_TOMO_II_Ext_(PLAN_VERACRUZANO_2019_2024).pdf)
- Gobierno de Yucatán. (2019). Plan Estatal de Desarrollo 2018-2024. <https://transparencia.yucatan.gob.mx/informes.php?id=ped>
- Grabowska, S. (2020). Smart factories in the age of Industry 4.0. *Management Systems in Production Engineering*, 28(2), 90–96. <https://doi.org/DOI10.2478/mspe-2020-0014>
- Hejduková, P., Kureková, L., & Krechovská, M. (2020). The Measurement of Industry 4.0: An Empirical Cluster Analysis for EU Countries. *International Journal of Economic Sciences*, 9(1), 121–134.
- Holgado, Á. (2023, septiembre 9). Auge y caída de la “utopía” de Jun: El pueblo de Twitter entierra para siempre al pajarito azul. *El confidencial*. [https://www.elconfidencial.com/espana/andalucia/2023-09-09/auge-caida-utopia-jun-pueblo-twitter-mundial\\_3731916/](https://www.elconfidencial.com/espana/andalucia/2023-09-09/auge-caida-utopia-jun-pueblo-twitter-mundial_3731916/)
- IMCO. (2024). Índices de competitividad. <https://imco.org.mx/indices/>
- Inegi. (2021). Indicadore mensual de la actividad industrial por entidad federativa. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/IMAIEF/IMAIEF2021\\_08.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/IMAIEF/IMAIEF2021_08.pdf)
- Inegi. (2024). Sistema para la consulta de indicadores estratégicos, InfoLaboral. [https://www.inegi.org.mx/sistemas/infoenoe/Default\\_15mas.aspx](https://www.inegi.org.mx/sistemas/infoenoe/Default_15mas.aspx)
- INES. (2021, mayo 4). ¿A qué nos referimos cuando hablamos de Economía Social? Gobierno de México. <http://www.gob.mx/inaes/articulos/a-que-nos-referimos-cuando-hablamos-de-economia-social?idiom=es>

- Iplaneg. (2023). Consulta PED2050 – Iplaneg.  
<http://iplaneg.guanajuato.gob.mx/consultaped2050/>
- Knutov, A., & Styrin, E. (2020). Use of the Internet of Things in Public Governance for Law Enforcement and Inspection: The Case of Russia. En *Beyond Smart and Connected Governments. Sensors and the Internet of Things in the Public Sector*. Springer.
- Lindbeck, A. (2007). Industrial Policy as an Issue in the Economic Environment. *The World Economy*, 4, 391–406. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9701.1981.tb00368.x>
- Loewe, Z. (2018, julio 20). Apoyan a la iniciativa de la industria 4.0 en Morelos. <https://conecta.tec.mx/es/noticias/cuernavaca/investigacion/apoyan-la-iniciativa-de-la-industria-40-en-morelos>
- Lopátegui, M. (2022). De la sociedad de la información y el conocimiento a la Industria 4.0. Aproximaciones a la cuarta revolución industrial desde las relaciones internacionales. En *Oportunidades y retos para la adopción de la Industria 4.0 en México* (pp. 37–58). UNAM - PyV Editores.
- Martínez, A., Santos, M. J., & de Gortari, R. (2022). El impulso al sistema de innovación para transitar hacia la I4.0: El caso de Guanajuato. En *Oportunidades y retos para la adopción de la Industria 4.0 en México* (pp. 105–144). UNAM - PyV Editores.
- Mexico Industry. (2017, julio 1). Presentan iniciativa Nuevo León 4.0. MexicoIndustry. <https://mexicoindustry.com/noticia/presentan-iniciativa-nuevo-len-4-0>
- Nosalska, K., Piątek, Z., Mazurek, G., & Rządca, R. (2019). Industry 4.0: Coherent definition framework with technological and organizational interdependencies. *Journal of Manufacturing Technology Management*, ahead-of-print, 837–862. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2018-0238>
- Ocampo, L., Himang, C., Obiso, J.-J., Bongo, M., Caballes, S. A., Abellana, D. P., Jabilles, E. M., Deocaris, C., & Ancheta, R. (2021). Industry 4.0 Indicators and Their Roles in Strategy Formulation. *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, 20(03), 631–662. <https://doi.org/10.1142/S0219686721500311>
- OCDE. (1997). Revision del sector de alta tecnología y clasificación de productos. <https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/septima-reunion-gtci-revision-sector-alta-tecnologia-clasificacion-productos-thomas-hatzichronoglou.pdf>
- OCDE. (2008). Handbook on Constructing Composite Indicators. Methodology and User Guide. <https://www.oecd.org/sdd/42495745.pdf>
- ONU. (2018). Anexo. Marco de indicadores mundiales para los Objetivos de Desarrollo Sostenible y metas de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. [https://unstats.un.org/sdgs/indicators/Global%20Indicator%20Framework\\_A.RES.71.313%20Annex.Spanish.pdf](https://unstats.un.org/sdgs/indicators/Global%20Indicator%20Framework_A.RES.71.313%20Annex.Spanish.pdf)

- ONU. (2022). ¿Qué es el desarrollo sostenible y por qué es importante? Naciones Unidas Mexico. <https://www.onu.org.mx/que-es-el-desarrollo-sostenible-y-por-que-es-importante/>
- Ortiz-Espinoza, A. (2022). Desafíos para la medición de la Industria 4.0: Una comparación de índices. *Observatorio del Desarrollo*, 11(32), 64–68. <https://doi.org/10.35533/od.1132.aoe>
- Ortiz-Espinoza, Á. (2023). Políticas de Industria 4.0: Una revisión comparada para América Latina.
- Oztemel, E., & Gursev, S. (2020). Literature review of Industry 4.0 and related technologies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31(1), 127–182. <https://doi.org/10.1007/s10845-018-1433-8>
- Páramo, O., & Medina, F. (2020, agosto 25). La política industrial de México existe sólo en el papel—UNAM Global. [https://unamglobal.unam.mx/global\\_revista/la-politica-industrial-de-mexico-existe-solo-en-el-papel/](https://unamglobal.unam.mx/global_revista/la-politica-industrial-de-mexico-existe-solo-en-el-papel/)
- Pauli, G. (2011). La economía azul: 10 años, 100 innovaciones, 100 millones de empleos. Un informe para el Club de Roma. Tusquets Editores.
- Portos Pérez, I. (2011). ¿Tiene México una política industrial? *Problemas del desarrollo*, 42(165), 173–175.
- Romero, J. (2016). Política industrial: Única vía para salir del subdesarrollo. *Economía Informa*, 397, 3–38. <https://doi.org/10.1016/j.ecin.2016.03.002>
- Rothwell, R., & Zegveld, W. (1981). *Industrial Innovation and Public Policy: Preparing for the 1980s and the 1990s*. [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=Industrial%20Innovation%20and%20Public%20Policy%3A%20Preparing%20for%20the%201980s%20and%20the%201990s&publication\\_year=1981&author=R.%20Rothwell&author=W.%20Zegveld](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Industrial%20Innovation%20and%20Public%20Policy%3A%20Preparing%20for%20the%201980s%20and%20the%201990s&publication_year=1981&author=R.%20Rothwell&author=W.%20Zegveld)
- Schütze, A., Helwig, N., & Schneider, T. (2018). Sensors 4.0 – smart sensors and measurement technology enable Industry 4.0. *Journal of Sensors and Sensor Systems*, 7(1), 359–371. <https://doi.org/10.5194/jsss-7-359-2018>
- Schwab, K. (2017). La cuarta revolución industrial. Debate.
- SE. (2020). Programa Sectorial de Economía 2020-2024. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/559457/Programa\\_Sectorial-ECONOM\\_A\\_final\\_validada.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/559457/Programa_Sectorial-ECONOM_A_final_validada.pdf)
- Semarnat. (2018, julio 24). Diferencia entre sustentable y sostenible. Gobierno de México. <http://www.gob.mx/semarnat/articulos/diferencia-entre-sustentable-y-sostenible>
- Semarnat. (2021). Índice y grado de marginación, 2020. [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio\\_2021/dgeiawf.semarnat.gob.mx\\_8080/ibi\\_apps/WFServletd5a8.html](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2021/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServletd5a8.html)

- UNIDO. (2017). Industry 4.0. Preparing for the 4th Industrial Revolution. [https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-06/WSIS%202017\\_final\\_3\\_online.pdf](https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-06/WSIS%202017_final_3_online.pdf)
- Valtierra Navarro, M. (2023, octubre 12). En la ruta hacia la industria 4.0. El Heraldo de Aguascalientes. <https://www.heraldo.mx/en-la-ruta-hacia-la-industria-4-0/>
- Vinuesa, R., Azizpour, H., Leite, I., Balaam, M., Dignum, V., Domisch, S., Felländer, A., Langhans, S. D., Tegmark, M., & Fuso Nerini, F. (2020). The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. *Nature Communications*, 11(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-14108-y>
- Visión Industrial. (2018, febrero 24). Presentan documento “Plan Estatal de Desarrollo 2040” en Guanajuato. *Visión Industrial*. <https://visionindustrial.com.mx/industria/noticias/presentan-documento-plan-estatal-de-desarrollo-2040-en-guanajuato>
- Žižek, S. Š., Nedelko, Z., Mulej, M., & Čič, Ž. V. (2020). Key Performance Indicators and Industry 4.0 – A Socially Responsible Perspective. *Naše gospodarstvo/Our economy*, 66(3), 22–35. <https://doi.org/10.2478/ngoe-2020-0015>