

## El futuro incierto de la digitalización en México: ¿Podremos despegar?\*

### The Uncertain Future of Digitization in Mexico: Can It Take Off?

Mónica Casalet\*\*

#### RESUMEN

El nuevo paradigma de manufactura digitalizada constituye una etapa disruptiva, identificada como distinta al pasado por la velocidad, la extensión y el impacto en la sociedad. Las interrogantes a dilucidar en este trabajo se refieren: *i*) las características de la incorporación de la digitalización en la producción industrial, *ii*) los resultados de un estudio exploratorio aplicado a un conjunto de empresas mexicanas de diferente tamaño que avanzaron en la aplicación de tecnologías digitales,<sup>1</sup> con el fin de identificar las características del proceso de transición analógica a digital y los obstáculos internos y externos enfrentados por las empresas en la transición a la digitalización.

**Palabras clave:** Industria 4.0, tecnologías facilitadoras, obstáculos empresariales internos y externos en México.

**Clasificación JEL:** O14, O33, L62 y L14.

#### ABSTRACT

The new digitalized manufacturing paradigm emerges as a disruptive stage, identified as different from the past due to its speed, extension and impact on society. Issues to be addressed include: *i*) characteristics of digitalization incorporation in international production, *ii*) the results of an exploratory study of a group of Mexican companies ranging in size and working on the application of digital technologies, aimed at identifying characteristics of the analogical-digital transition process and the internal and external obstacles faced by companies transitioning to digitalization.

**Keywords:** Industry 4.0, enabling technologies, internal and external business obstacles in Mexico.

**JEL Classification:** O14, O33, L62 y L14.

---

\* Fecha de recepción: 16/10/2020. Fecha de aceptación: 04/12/2020.

\*\* Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales México-Flasco, México. E-mail: [casalet@flasco.edu.mx](mailto:casalet@flasco.edu.mx). ORCID: 0000-0002-6182-9731.

<sup>1</sup> La investigación empírica contó con la participación vía internet de 19 empresas integrantes de los clústeres aeroespacial, automotriz y proveedoras de servicios TIC, complementada con entrevistas a los directivos de clústeres de Baja California y Querétaro, Centros Públicos de Investigación (CPI) vinculados en investigación directa con la industria, y asociaciones empresariales. (La investigación realizada en 2019 fue auspiciada por la Cepal).

## LAS OPORTUNIDADES DE LA DIGITALIZACIÓN PARA PRODUCCIÓN Y LA SOCIEDAD

La difusión de las tecnologías digitales en la sociedad, y la producción, introducen un cambio disruptivo, cuya intensidad lleva a una reconceptualización del sistema sociotécnico en la producción y las modalidades de gobernanza que orientan la transformación analógica a digital. Los enfoques explicativos tradicionales sobre estrategias empresariales, procesos, tecnologías, productos finales, relaciones con proveedores y clientes están condicionados a la nueva complejidad tecnológica cuyos efectos estratégicos contribuyen al aumento de la productividad y la flexibilidad operativa, aún no integrada en México. Los avances en curso de la digitalización no se limitan a sectores específicos, sino que tienen un impacto en todas las ramas de actividad con una creciente integración entre ellas, difuminando sus límites. La delimitación entre los sectores secundario y terciario se vuelve cada vez más difusa, por ejemplo, las empresas productoras de bienes se están viendo obligadas a incorporar servicios a su oferta y en las tecnologías de la información la producción de hardware y software cada vez se integra más. (Weller, 2020).

El uso de Internet de las Cosas (IoT) posibilitó servicios avanzados mediante la interconexión física y virtual. Las principales características de Internet de las Cosas (IoT) son la integración de tecnologías de identificación y seguimiento. El nuevo proceso se caracteriza por la aplicación de la tecnología de la información en todas las fases del proceso de producción manufacturera moderno, desde el diseño, fabricación, consumo de productos y servicios al cliente. Cada una de estas fases implica conocimiento y conexión, complementado con el uso de manufactura aditiva para personalizar productos. Estos cambios no se reducen al ámbito de la producción, tiene implicancia para la toda la sociedad, ya que posibilita una economía más compleja basada en el uso intensivo de la información digital.<sup>2</sup> El continuo crecimiento de datos es un nuevo desafío para las organizaciones y empresas. La integración de la computación en la nube y *big data*, aplicado a la producción y a los servicios, facilitan nuevos modelos de negocios, además de contribuir a la personalización de los productos. La proliferación de nuevos modelos de negocios, agrega un alcance renovado a las actividades de fabricación, que lleva a una toma de decisiones más rápida y precisa. La digitalización es clave tanto para abrir nuevos negocios, como para mejorar la experiencia de los clientes y optimizar la coordinación entre procesos a nivel internacional (Mont y Plepys,

---

<sup>2</sup> Por economía digital se entiende el conjunto de actividades económicas cuyo activo es la información, afecta a todas las actividades donde las tecnologías digitales son un elemento clave para el desarrollo de los negocios, a través de nuevos productos y servicios o mediante nuevos mercados digitales. El sector digital se entiende como el ligado a la informática y telecomunicaciones. La conectividad es el primer pilar que habilita el desarrollo de una economía digital y su extensión a la sociedad. Incluye cuatro sub-dimensiones, disponibilidad de una banda ancha (a) fija y (b) móvil, (c) la velocidad de transmisión de la infraestructura de conectividad y (d) el grado de asequibilidad de precios para acceder a tales redes de comunicación. (Orchestra, 2018).

2020; Müller *et al.*, 2018; Kang *et al.*, 2016; Verhoef *et al.*, 2019; Sturgeon, 2019). El proceso de digitalización contribuyó a abrir un nuevo debate en la configuración de las estrategias de políticas empresariales de reubicación geográfica de la producción, acentuando tendencias a veces contradictorias de reubicación y deslocalización de acuerdo con los productos y los sectores (Butollo, 2020). Las nuevas plataformas y artefactos transforman la naturaleza de la incertidumbre inherente a los procesos y resultados empresariales, así como las formas de lidiar con tal incertidumbre (Nambisan, 2017; McIntyre y Srinivasan, 2017). La creciente extensión de la industria 4.0 (I4.0) ligada a la producción individualizada o adaptada a las necesidades cambiantes del consumidor, representa la nueva tendencia de la digitalización basada en saltos tecnológicos, cuyas soluciones sociotécnicas combinan nuevas propuestas para la organización industrial, las capacidades técnicas y la división del trabajo. La industria 4.0 proporciona a las empresas un portafolio de productos diversos, adaptables y flexibles en el área de logística, equipamiento y maquinaria, con capacidad de auto-aprendizaje, tolerante a los fallos y gestor de sus propios riesgos. (Navarro y Sabalza, 2016; Maier *et al.*, 2015a; Brettel *et al.*, 2016; Casalet, 2018, 2019; Casalet y Stezano, 2020). En este contexto, se combina el fortalecimiento de la actividad industrial junto con la revolución digital (Brettel *et al.*, (2016); Kang *et al.*, (2016); Lee *et al.*, (2014) al satisfacer las necesidades heterogéneas de los clientes y captar las oportunidades del mercado. La I4.0 se desarrolla mediante procesos flexibles, basados en la modularidad de la cadena de valor, que permite el manejo de información compleja sobre productos, producción, logística; a través del manejo de estándares y protocolos facilita el intercambio entre unidades de producción y localizadas en diferentes lugares. La tecnología de fabricación digital aún no es de uso masivo, paulatinamente su aplicación y asimilación provoca cambios en la producción de las grandes empresas y especialmente en proveedores PYMES, ya que abre nuevos espacios para el intercambio comercial, productivo y para el desarrollo de emprendedores. Todos los países, empresas y mercados potencialmente están afectados por la transformación digital. No todos los países innovan de la misma manera, ni cuentan con infraestructuras y consensos sociales para generar confianza e información para que las personas y las organizaciones gestionen los riesgos de seguridad y privacidad digital. En los países más industrializados de América Latina (Argentina, Brasil, Colombia y México) estos procesos se manifiestan de manera fragmentada aun en las empresas con trayectoria, en proveedores y en las de uso de tecnologías maduras,<sup>3</sup> como las

---

<sup>3</sup> La tecnología madura se relaciona con los sistemas informáticos de gestión, el procesamiento automático de datos aplicado a los negocios y las tecnologías de telecomunicaciones que permiten el acceso remoto a la información. La tecnología avanzada relacionada corresponde con la ola de digitalización basada en IoT, robótica, inteligencia artificial, aprendizaje de máquina, cadena de bloques. Katz, "Capital humano para la transformación digital en América Latina", serie Desarrollo Productivo, Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal), 2018.

pertenecientes a los sectores automotrices, aeronáutico, servicios informáticos. A la incertidumbre abierta por los cambios disruptivos, se agregan las carencias de las capacidades técnicas, organizativas e infraestructura. A nivel macro, la crisis económica y las dificultades en los sucesivos cambios políticos ocurridos en los países mencionados retrasaron la inversión, cuyas consecuencias llevan al estancamiento y a la incapacidad de reconectar con un papel innovador en el proceso de industrialización y en la consolidación de una sociedad más equitativa.<sup>4</sup>

La irrupción de la crisis sanitaria, económica y social sin precedentes, abierta por la Covid-19, aceleró la difusión e incorporación de la digitalización en las relaciones cotidianas de consumo de servicios y de comunicación social (alimentación, entretenimiento, conferencias de trabajo y sociales, capacitación hacia nuevas formaciones). Las cuarentenas forzosas impusieron a nivel internacional y nacional la familiarización de la sociedad con las aplicaciones digitales requeridas por el teletrabajo, la realización de trámites vía internet, la educación a distancia. La necesidad de resolver las demandas cotidianas derivó en una incorporación forzosa del teletrabajo, a pesar de las heterogeneidades de la estructura productiva, de las carencias de la infraestructura digital y las ausencias en las habilidades digitales. Las interrupciones de las actividades productivas provocadas por la pandemia generaron interrogantes sobre las condiciones de seguridad sanitaria y humana (en el trabajo, el uso de los equipos, el transporte y relacional) de reiniciación de las actividades productivas, sociales y relacionales. A nivel industrial una preocupación latente es el rumbo que asumirá la adopción de la digitalización en la producción; cuál será la magnitud de los costos sociales; qué viabilidad tendrán las estrategias empresariales iniciadas en sectores de exportación (automotriz, aeroespacial y servicios informáticos) basadas en la utilización de tecnologías maduras y avanzadas.

La confirmación de los acuerdos comerciales entre Canadá, Estados Unidos y México en la ratificación del T-MEC genera expectativas sobre las posibilidades de promover inversiones que mejoren y profundicen las estrategias digitales, junto con las mejoras de la gestión organizativa flexible y adquisición de nuevas capacidades técnicas de los recursos humanos. Los efectos devastadores de la pandemia en la economía y el empleo en el país, aunado a la falta de definición sobre estrategias de apoyo industrial y la prolongada interrupción de las cadenas de suministros con el principal socio comercial (Estados Unidos) abren preguntas no resueltas sobre la capacidad empresarial de inversión en la transformación digital, y fundamentalmente qué condiciones asumirá la transición en el proceso de producción, en la recuperación digital de proveedores y en la continuidad de la mano

---

<sup>4</sup> En la preocupación por explicar la expansión y características del nuevo modelo I4.0, en la producción en América Latina se destacan diferentes ejes de análisis: procesar información sobre experiencias internacionales de apropiación de I4.0 e identificar las posibilidades nacionales y regionales (Casalet, 2018, 2019; Casalet y Stezano, 2020); la reflexión conceptual sobre los cambios de paradigma y los efectos de la I4.0 en la producción; las capacidades empresariales y profesionales en la industria y las cadenas globales (Katz, *op. cit.*); Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación (CIECTI), 2019; Instituto para la Integración de América Latina y el Caribe (INTAL) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2018; Navarro, 2018).

de obra hacia el mejoramiento de competencias avanzadas. El incremento en el uso de la digitalización en las relaciones económicas y sociales, como la posible aceleración de la inversión y expansión en industrias y regiones, no tiene signos de disminuir la fragilidad colectiva e individual frente a las debilidades de la infraestructura, las brechas de alta desigualdad y vulnerabilidad de la población. (Cepal: informes especiales Covid-19, núms.1, 2, 3 y 4, 2020 a,b,c,d; Cepal, 2020; Agenda 2030, Cepal, 2020).

## ESTRUCTURA DEL TRABAJO

El trabajo se estructura de la siguiente manera: el primer objetivo es caracterizar el nuevo paradigma de manufactura digitalizada como protagonista de una etapa disruptiva, identificada como “distinta al pasado” (Ford, 2015), por la velocidad, la extensión y el impacto en la sociedad (Schwab, 2015). Las interrogantes a dilucidar abarcan varias dimensiones, una más general concierne a la incorporación de la digitalización en la producción industrial; cómo podría contribuir al desarrollo industrial y crecimiento considerando el desempeño exitoso de México como proveedor de la industria automotriz americana, corroborado en la firma del T-MEC que permitiría explotar el potencial de las tecnologías digitales, a pesar de la existencia de problemas no resueltos de infraestructura, capacitación e integración de procesos de manufactura.

Otra dimensión del análisis se vincula con la capacidad real del país de repensar estrategias innovadoras para enfrentar la crisis económica y social provocada por la pandemia, como un medio de reorientar las políticas públicas para sostener la transformación productiva e involucrar a un conjunto heterogéneo de proveedores y clientes y favorecer la formación de capacidades tecnológicas maduras y avanzadas en sectores vinculados a exportación con sinergias en toda la cadena de suministro, especialmente PYMES. En esta perspectiva, el núcleo del trabajo expone los hallazgos de un estudio exploratorio aplicado a un conjunto de empresas mexicanas de diferente tamaño que avanzaron en la aplicación de tecnologías digitales.<sup>5</sup> Los datos obtenidos permitieron explicar: *i*) las motivaciones para introducir nuevos procesos digitales en la producción; *ii*) las características del proceso de transición analógica a digital; *iii*) los obstáculos internos y externos a los que se enfrentan las empresas en la implementación de este proceso de digitalización, donde las carencias en la formación juegan un papel importante, ya que hay pocos

---

<sup>5</sup> La investigación empírica contó con la participación vía internet de 19 empresas integrantes de los clústeres aeroespacial, automotriz y proveedoras de servicios TIC, complementada con entrevistas a los directivos de clústeres de Baja California y Querétaro, Centros Públicos de Investigación (CPI) vinculados en investigación directa con la industria, y asociaciones empresariales. (La investigación realizada en 2019 fue auspiciada por Cepal).

protagonistas con una visión global de los problemas capaces de integrar la complejidad tecnológica y social de las dimensiones a resolver; *iv*) qué viabilidad existe para construir estrategias e impulsar la acción de actores públicos y privados hacia un ecosistema digital con apertura en la naturaleza, el grado de operación y alcance, para ofrecer una nueva narrativa multidisciplinaria capaz de comprender la intersección de los diferentes campos y las estrategias.

### HALLAZGOS DE LA INVESTIGACIÓN EMPÍRICA: QUÉ SE INVESTIGÓ Y QUÉ SE ENCONTRÓ

Los aspectos destacables para este trabajo emergen del cuestionario aplicado a las empresas, concentrado en tres puntos: *i*) cómo se preparan las empresas para la transición hacia la transformación digital, qué elementos de información disponen; *ii*) qué tecnologías facilitan el proceso y cómo se insertan en las estrategias de gestión, *iii*) con qué capacidades técnicas cuentan las empresas para adoptar y mejorar el uso de las tecnologías avanzadas.

### CÓMO Y EN QUÉ DIRECCIONES AVANZARON LAS EMPRESAS EN LA INFORMACIÓN Y APLICACIÓN DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL

Las vías para obtener información sobre los avances de la digitalización (fabricas inteligentes o 4.0) utilizados por las empresas y clústeres encuestados fueron múltiples, desde conferencias organizadas por las cámaras empresariales en conjunto con la Secretarías de Desarrollo Económico de Estados (Querétaro y Baja California) conjuntamente con estancias de información a empresas y agrupamientos industriales en diferentes países: (Estados Unidos, Corea del Sur, Comunidad Autónoma País Vasco, Alemania y China), auspiciadas por las empresas contratistas localizadas en los estados mencionados. La intención fue difundir la nueva naturaleza de los procesos y las oportunidades de crecimiento en la implementación de un plan de negocios para responder a las necesidades de los clientes, especialmente en la industria automotriz donde la conectividad entre proveedores y clientes es determinante en la cadena de producción, conjuntamente con la vinculación intraempresarial (contratistas y proveedores). Los Centros Públicos de Investigación (CPI), en ambos estados, jugaron un papel importante en la preparación de soluciones en procesos (sistema de procesamiento y computación) para las empresas especialmente PYMES, dirigidos a mejorar procesos, utilizar datos y planes de negocios.

En el transcurso de la investigación se constató que múltiples actores públicos y privados participaron en la necesidad de sensibilizar y extender a la sociedad y a la

industria el conocimiento sobre la aplicación de la industria 4.0 para generar confianza a nivel empresarial y reducir la incertidumbre en la adaptación e incorporación de cambios en los procesos productivos y de gestión vinculados con el desarrollo de nuevos productos, de nuevos servicios asociados y de nuevos modelos de negocios. Dimensiones destacadas como muy relevantes en la gran mayoría de las empresas, a pesar de las diferencias de tamaño, sector y mercados, como también de las heterogeneidades de implementación de acuerdo con las estrategias de gestión y las capacidades técnicas. En un segundo nivel de importancia figuran las motivaciones vinculadas con la mejora en la eficiencia de procesos y de calidad, el ahorro de costos y la relación con los clientes. La digitalización posibilita información sobre clientes, estandariza interfaces facilitando la toma de decisiones.

Las respuestas empresariales indican que, si bien existía un sendero más o menos claro de la importancia de la digitalización, la situación real es que están menos orientadas para avanzar en la adquisición de capacidades tecnológicas, especialmente por las necesidades y carencias de recursos estratégicos (Karlton, 2017). La relación con los clientes y proveedores no representaba para la mayoría de las empresas analizadas una preocupación determinante en la implementación de la I4.0 pero se manifiesta en la ausencia de planes de negocios y la falta de jerarquización de la potencialidad estratégica de una inversión en tecnología para asegurar la variedad de clientes y proveedores.

La aplicación de la digitalización para iniciar nuevos planes de negocios supone una nueva lógica de creación y captura del valor que afecta a toda la empresa, fortalece la coordinación interna y facilita el uso de información valiosa para programas de simulación que apoyen la toma de decisiones. La incorporación de tecnologías digitales, realizada simultáneamente al funcionamiento cotidiano de las empresas, representa una adopción incremental de cambios sociotécnicos, donde la gestión se mantiene en una dualidad de líneas jerárquicas, sin cambios organizacionales flexibles, que faciliten el trabajo colaborativo y multidisciplinario emergente de la interacción de múltiples áreas (gestión de operaciones, sistemas digitales, marketing).

La visión impulsada por diferentes consultorías y cámaras empresariales sobre la I4.0 priorizó la digitalización como facilitadora del incremento de la eficiencia operacional, además de generar información para la sistematización de datos que lleven a nuevos negocios, visión ligada a la adopción de las tecnologías de información y comunicación desarrollada en la mitad de los 90, que impulsó la incorporación de hardware y software para desarrollar una infraestructura más ágil a la oferta y a los servicios proporcionados por las empresas. Aunque también, en esta época, se contó con apoyos gubernamentales nacionales y estatales dirigidos a la expansión de las TIC y el desarrollo de la vinculación inter-organizacional (especialmente la participación de las PYMES en la cadena de valor).

Durante 2019 no se diseñaron propuestas públicas dirigidas a otorgar incentivos y estímulos a nivel macro para la transformación digital, salvo los programas adoptados por los gobiernos estatales y el impulso publicitario generado por los clústeres. En la actualidad esta situación empeoró radicalmente, generando, tanto en empresas grandes como en las PYMES, una parálisis que va más allá de la conducta precavida, frente a la introducción de tecnologías digitalizadas (Müller *et al.*, 2018; Harrigan *et al.*, 2011; Barnard *et al.*, 2017) especialmente por la falta de disponibilidad de recursos financieros. La ausencia de las estrategias públicas de apoyos empresariales ha debilitado tanto la preparación de las empresas para la digitalización, como el estancamiento de la oferta de nuevas competencias para la transformación digital.

## TECNOLOGÍAS FACILITADORAS DE LA DIGITALIZACIÓN

Las tecnologías digitales incorporadas dependen de la infraestructura, los equipos y la pertenencia a una cadena de producción de un sector exportador, que asegure la inversión durante el periodo que avalan las certificaciones internacionales y nacionales. La visión de la digitalización en la mayoría de las empresas, se relaciona más con una paulatina evolución, de mejoras y ajustes, que con una nueva configuración en la que intervienen en tiempo real actores sociales, dispositivos y plataformas. La información empírica confirma que, en el control y supervisión del proceso de producción y la relación con proveedores, hay un uso importante de control humano y facilitadores como Enterprise Resources Planning (ERP) y gestión de relaciones con clientes Customer Relationship Management (CRM). Ambas tecnologías permiten beneficiarse de una mayor integración de información y procesamiento en diversas funciones comerciales. La coexistencia de múltiples recursos, estrategias y modalidades construyen las oportunidades híbridas para absorber y apropiarse de conocimientos, equipos y mejoras en los aprendizajes; también la velocidad de incorporación depende de la familiaridad con el uso de tecnologías en etapas previas.

La integración a una cadena de producción de un sector exportador, conjuntamente con el acceso a plataformas digitales, facilitó a las empresas PYMES la participación en la transformación digital. El uso de tecnologías maduras se ha incorporado ampliamente en la práctica empresarial, incluso el uso de sistemas de gestión ERP no basados en máquinas. El avance de la digitalización depende del sector de localización de las empresas, del tamaño y la capacidad de liderazgo. La industria automotriz vinculada tempranamente con tecnologías de información y la gestión estratégica de la innovación reaccionó con agilidad frente a la incertidumbre del mercado y la coordinación del avance tecnológico con nuevos planes de negocios. La mayoría de las empresas encuestadas participan en la cadena de producción automotriz, aeronáutica y servicios informáticos donde se justifica la

eficiencia de los procesos productivos (sujetos a certificación internacional y nacional) la mejora de la calidad y la relación con los proveedores. Esta posición les confiere un liderazgo en la producción nacional, aunque la digitalización se incorpora como un proceso incremental y la cultura digital no está materializada en la gestión empresarial como una ventaja competitiva.

En la literatura internacional sobre los procesos de digitalización hay consenso en entender las primeras fases de la digitalización como un proceso técnico, que convierte las señales analógicas en digitales creando datos para el procesamiento y uso del sistema de información (Autio *et al.*, 2018; Verhoef *et al.*, 2019). Las tecnologías más citadas, aunque no las más utilizadas por las empresas en el caso mexicano, se refieren a la *analítica de grandes datos* y a la *computación en la nube*. La importancia se asocia con el interés de desarrollar nuevos productos, servicios y las relaciones con los proveedores. Estas tecnologías facilitan la comunicación, colaboración y capacidades informáticas para el desarrollo con nuevas propuestas de valor. (Nambisan, 2017). El análisis de los datos mediante algoritmos avanzados es clave para la toma de decisiones en tiempo real y mejorar estándares de calidad de productos y procesos; es una de las tecnologías de la I4.0 más demandadas por las empresas para adaptar nuevas ofertas a los clientes y en el desarrollo de productos. El análisis y procesamiento de ingentes conjuntos de datos, con un seguimiento al momento, junto con la capacidad de predicción, apoya la decisión en múltiples niveles y sectores. El análisis de datos no es una tecnología nueva, se han manejado sistemas de inteligencia empresarial, como analítica empresarial, tanto en la producción como en los servicios, sin embargo, la novedad radica en el volumen de datos que se procesan, la variedad, la velocidad y la complejidad dadas las múltiples fuentes que relacionan (MacAfee y Brynjolfsson, 2017; Rosetti, 2016; Gilchrist, 2016; Schmidt *et al.*, 2014; Kshetri, 2014).

El problema radica en verificar la fiabilidad de estos datos (Accenture, 2018) y actualizar las habilidades del personal a medida que la tecnología evoluciona. La computación en la nube ofrece servicios, a través de la propia red, de almacenamiento virtual de documentos, aplicaciones y redes que funcionan como servidores. Estos servicios se pueden obtener y liberar con un mínimo esfuerzo de gestión o interacción entre proveedores de servicios (National Institute of Standards and Technology, 2013). La computación en la nube satisface la demanda de flexibilidad y facilidad de acceso a software y contenido independientemente de la ubicación o el tiempo (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), 2017). La nube ofrece un lugar para recopilar y analizar datos en grandes cantidades cuyo volumen aumenta continuamente (Sturgeon, 2019). Las limitaciones de ancho de banda han creado problemas de latencia, especialmente en grandes distancias y en lugares como América Latina y México donde la infraestructura presenta deficiencias. Ambas tecnologías se relacionan con los ofrecimientos de las múltiples consultorías de servicios informáticos y las propuestas realizadas por los

Centros Públicos de Investigación (CPI) para posicionar a las empresas en un nuevo mercado de ventas y facilitar el acceso a la interconexión con proveedores y clientes. Otras tecnologías mencionadas fueron:

*Plataformas para apoyar nuevos modelos de negocios.* Abarca una amplia gama de actividades, acceso a capital, trabajo, formación, asistencia técnica a insumos y servicios operacionales, son fáciles de escalar y capaces de crear rápidamente efectos en redes.

*Inteligencia Artificial.* Poco utilizada en la gestión de las empresas, como apoyo a la toma de decisiones, y con un incipiente debate sobre cómo asegurar regulaciones y marcos de conducta éticos.

También se indicó la importancia de sensores, robótica e impresión 3D; estas últimas generalizadas en proveedores automotrices y algunas empresas de la industria aeronáutica.

La prevalencia de los diferentes tipos de tecnologías parece congruente con las motivaciones, las posibilidades de inserción en una cadena de suministros y con las capacidades de infraestructura y equipos (en algunos casos con necesidades de reequipamiento) para acceder a nuevos modelos de negocios, aunque la tecnología no es el único conductor de la I4.0, caracterizado principalmente por el conjunto de modelos de negocios, clave en el beneficio, aportados por los sistemas basados en la digitalización. (Sturgeon, 2019; Verhoef *et al.*, 2019).

La I4.0 introduce un cambio de la centralización a la descentralización que puede estar representado en una sola máquina o en una línea de ensamblaje, o un software. Las interdependencias e impactos generados a nivel organizativo, en las capacidades tecnológicas de los diferentes tamaños empresariales, son desconocidos. Es fundamental el papel de la investigación a nivel de empresas, de las instituciones universitarias, y de enlace con la industria, para identificar los cambios hacia una relación más sustantiva de co-producción con los clientes y proveedores para evaluar la complejidad del cambio. En los países latinoamericanos más industrializados, la investigación sectorial podrá profundizar las desigualdades que fragmentan la continuidad, y derivan en problemas de conexión, interoperabilidad e integración que obstaculizan y enlentecen los cambios.

La profundidad de la crisis económica y social derivada de la pandemia Covid-19 en México retrasará el avance hacia la transición de la I4.0. Las condiciones externas agudizadas por el confinamiento, la caída de las exportaciones, la desocupación traducida en la caída histórica de la producción y la paralización de las cadenas productivas a nivel internacional y nacional profundizaron la falta de liquidez de las empresas y consecuentemente la reducción de gastos en insumos; todo lo anterior se refleja en las previsiones del Fondo Monetario Internacional en una caída del 9 por ciento en el Producto Interno Bruto (PIB) del 2020. A nivel micro, la reanudación de la actividad manufacturera agrega costos de

operación suplementarios vinculados con los protocolos de seguridad y protección laboral, además de medidas de seguridad del transporte y manejo de carga para evitar contagios con intermediarios.

La perspectiva favorable de reactivación del comercio y la economía concentrada en el T-MEC iniciado el 1 de julio, no tendrá frutos inmediatos. Queda aún por solucionar múltiples problemas en la coordinación para lograr estabilidad de las reglas (tales como cambios en las reglas de origen, modificaciones al procedimiento de origen, el valor del contenido regional calculado en un 75 por ciento y el valor del contenido laboral) en un momento donde no hay definiciones en la orientación de las políticas públicas y en la preparación de las empresas proveedoras mexicanas, para competir en las cadenas productivas y profundizar en el desarrollo de las interdependencias que sostengan el modelo digital con una cultura de trabajo basada en la colaboración multidisciplinaria con flexibilidad organizativa. No sólo se requieren activos digitales, sino una cultura de trabajo colaborativo, capaz de consolidar un campo de experimentación propicio para reducir incertidumbres del proceso de transición, difícil de desarrollarse en estructuras relacionales jerárquicas, donde además se agrega el debilitamiento en la concertación de acuerdos sociales públicos y privados con capacidad de fortalecer nuevas formas de gobernanza colaborativas y multidisciplinarias en el abordaje de los problemas industriales.

## OBSTÁCULOS EN LAS EMPRESAS Y CON EL ENTORNO PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL

La transformación digital es un proceso que requiere integración de tecnologías, negocios y estrategias de aprendizaje; involucra un consenso compartido en la aplicación de artefactos e infraestructura digital. Los procesos empresariales son menos acotados que en los modelos tradicionales; las fronteras tecnológicas son más porosas y dan lugar a decisiones rápidas. Esa eficiencia interna requiere formación y capacidad de liderazgo para identificar tecnologías que facilitan la transformación digital (Quinton *et al.*, 2018). La digitalización basada en flujos de información y software genera una mayor difusión del conocimiento, con una nueva demanda de recursos humanos con capacidades duras y blandas como parte de un proceso permanente de innovación con integración de diferentes áreas y disciplinas que afecta el desarrollo de toda la empresa y va más allá de un simple ajuste organizacional. En general, el avance de la tecnología se adelanta a las capacidades técnicas y la organización; para que la sociedad la utilice con una base inclusiva se requiere remodelación (Sturgeon, 2019).

La alfabetización digital se convierte en una prioridad. En el caso de México, la generación de nuevas interdependencias no es inmediata en las estructuras organi-

zacionales y en las capacidades de las empresas integrantes de los diferentes *tiers* de la cadena de producción, ya que predomina una cultura de gestión jerarquizada. El carácter multinivel de la digitalización articula múltiples áreas como sistemas de información, marketing y gestión de operaciones, donde se construye una visión multidisciplinaria para transversalizar los conocimientos en las empresas y en la sociedad. De ahí el empeño en promover agendas digitales para consolidar en la población el uso de habilidades básicas. La digitalización es un proceso complejo donde convergen industrias del hardware, el software; las telecomunicaciones necesitan financiación, regulaciones, aumento de la comunicación interna para motivar a empleados a emprender nuevas capacitaciones en los perfiles laborales, donde cada vez es más difícil distinguir entre manufactura y servicios avanzados. (Casalet, 2018).

En la literatura explicativa de procesos convergentes en tecnologías y disciplinas, procedentes de países desarrollados, con diseño de políticas industriales orientadoras para empresas y sectores, plantean la creación de una organización flexible con unidades de negocios separadas, para facilitar la experimentación y el aprendizaje rápido en los modelos de negocios (Verhoef *et al.*, 2019; Christensen *et al.*, 2016; Zubillaga *et al.*, 2019) lejos de las modalidades jerárquicas de gestión en las empresas mexicanas analizadas.

Los obstáculos enfrentados por las empresas en el proceso de la transformación digital tienen niveles externos e internos, en estos últimos, las respuestas mayoritarias coincidieron en destacar la carencia de recursos humanos con perfil adecuado; las debilidades de infraestructura y la conectividad. En las investigaciones realizadas a nivel internacional sobre las habilidades necesarias de los trabajadores en las diferentes fases de la transformación digital, señalan la combinación de capacidades científico-tecnológicas proactivas, donde el intercambio de conocimientos interdisciplinarios contribuye a resolver los imperativos estratégicos a nivel de los sistemas de información y en la creación de nuevos modelos de negocios. (Nguyen *et al.*, 2019; Squiciarini *et al.*, 2017; Grundke *et al.*, 2018).

Las habilidades digitales y aprendizaje digital incluyen el uso habitual de la tecnología para la mejora e innovación de procesos, donde la programación se vuelve una capacidad determinante para interactuar con los equipos y las plataformas. La digitalización involucra talento en nuevas competencias cognitivas, no cognitivas, incluso rasgos de personalidad para enfrentar problemas complejos y resolución de los mismos de forma colaborativa con apoyo en disciplinas tecnológicas (programación, robótica, formación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, STEM, por sus siglas en inglés. (Deming y Kahn, 2017; McIntyre y Srinivasan, 2017; Verhoef *et al.*, 2019; Zubillaga *et al.*, 2019).

En México, pocas empresas invierten en desarrollar nuevas capacidades digitales, tampoco se han apropiado de la digitalización como proceso permanente de

innovación colaborativa que integra la fuerza de interacción (proveedores y clientes) en la mejora de nuevos negocios y servicios. La falta de habilidades incluye *big data*, computación en la nube y plataforma de interacción con clientes. La heterogeneidad en la aplicación de tecnologías para diferentes propósitos y fases del proceso de producción incide en la coexistencia de diferentes capacidades cuya evolución y alcance exige futuras investigaciones a nivel de las empresas y los sectores. La incorporación de TIC en las empresas mexicanas, históricamente estuvo ligada a innovaciones incrementales, la novedad de la digitalización radica en disrupciones trans-sectoriales y alteración de las cadenas de valor globales que afecta la localización de la manufactura (Zubillaga *et al.*, 2019; Butollo, 2020). Las respuestas de las instituciones educativas y tecnológicas con ofertas formales y poco documentadas en investigaciones interdisciplinarias, no responden a las necesidades actuales y futuras de integración de los sistemas de información, de gestión estratégica para la transformación digital, ni se corresponde con la importancia de creación de una cultura digital.

La transversalidad de la digitalización afecta a todas las actividades humanas y fundamentalmente a las económicas, demandas no contempladas en las políticas públicas anteriores y actuales del país. La inversión en capacitación interna fue mencionada por pocas empresas que organizan cursos con el apoyo de empresas como la Original Equipment Manufacturer (OEM) y colaboradores externos, donde se destaca la actividad formativa organizada por los clústeres aeronáuticos de Baja California y Querétaro, en vinculación con empresas y universidades internacionales y nacionales. Las empresas esgrimen la carencia de talentos digitales, pero no han avanzado en diseñar perfiles laborales o buscar soluciones intermedias, como el acceso a los *bootcamps* de programación que ofrecen una plataforma para recapacitar y mejorar habilidades en áreas de carencia como programación, diseño, ciber seguridad, ciencia de datos. La falta de recursos humanos especializados, referida a las habilidades digitales para desarrollar nuevos productos y servicios, está relacionada con el manejo de la información, la comunicación, la creación de contenidos y la resolución de problemas.

En México existe una amplia oferta de cursos y programas en robótica e inteligencia artificial, pero es menor la oferta de programas vinculados con grandes datos (Katz, 2018). La oferta de capacitación de posgrado (doctorados o maestrías) en tecnologías digitales, es relativamente limitada en comparación con la cantidad de programas de los diversos niveles de titulación que se ofrecen. La inversión pública y privada tampoco se ha dirigido de forma emprendedora a mantener un diálogo constructivo en el diseño y previsión de diagnósticos sobre las habilidades existentes, y las necesarias en el futuro, que orienten la inversión y la oferta formativa en nichos necesarios para el país (sanidad, industria, turismo, agroalimentario). Las necesidades de formación demandadas a nivel empresarial enfatizaron los aprendizajes en análisis de datos, (uso de la información para nuevos mercados y perfiles de clientes), desarrollo de metodologías para la seguridad, soluciones

digitales inteligentes como monitorización, control, operación de maquinaria y visión artificial. Las empresas más grandes y con mayores redes de comunicación están en mejores condiciones para obtener recursos calificados y compensar con mejores salarios el talento. Las PYMES que participan como proveedoras en la cadena de suministros mantienen un comportamiento cauteloso y de evaluación de resultados. Otra demanda señalada por las empresas fue la carencia de infraestructura, vinculada con los activos digitales y la capacidad para desarrollarlos. Las respuestas obtenidas no surgen de una valoración del impacto, ni de los efectos, de acuerdo con los facilitadores utilizados y cómo éstos han contribuido en el proceso de transformación digital. (Grégoire y Shepherd, 2012; Short *et al.*, 2010; Davidsson, 2015; Verhoef *et al.*, 2019).

El avance de la digitalización en los países industrializados, en las referencias empíricas y análisis teóricos, aconsejó mejorar la infraestructura con conexiones más rápidas, ubicuidad de acceso a internet, capacidades especializadas y compensadas salarialmente (Balsmeier y Woerter, 2019). Las redes logísticas 4.0 revolucionaron las cadenas de suministro modulares con datos de los consumidores y el comportamiento de compras; transmiten solicitudes específicas a los procesos de producción flexibles con capacidad de cubrir grandes distancias en una economía a la carta. Si bien esta problemática es un debate focalizado en los países industrializados, para México la firma del T-MEC y las estrategias de recuperación de las economías post pandemia pueden representar una oportunidad a nivel internacional por las estrategias de relocalización de la producción y una posibilidad de elevar las capacidades digitales y la remuneración salarial especialmente en el sector automotriz. La proximidad con Estados Unidos puede re-abrir las ventajas para la expansión de mercados como la incorporación de nuevos proveedores nacionales y extranjeros en las cadenas.

La investigación abre nuevas vías a profundizar para las decisiones de futuro, que involucran analizar los movimientos internacionales de localización de la inversión empresarial, así como ahondar a nivel nacional en el proceso digital, los modelos de negocios y la incorporación de sistemas logísticos. Actualmente no se perfilan apoyos de fondos para investigaciones que profundicen sobre el proceso de madurez digital logrado por las empresas que identifiquen la evolución en el uso de los recursos digitales, en la flexibilidad de la organización para la creación de una cultura digital (agilidad en la toma de decisiones, colaboraciones interna y externa), capacidades (conectividad, contenidos experiencias, arquitectura tecnológica). Tales dimensiones explicarían cómo las empresas integran las oportunidades digitales a nivel de artefactos, infraestructura, logística y organización. Además de proporcionar información real a nivel micro sobre cómo logran resolver las diferentes situaciones y contribuir a la mejora de sus recursos (Becker *et al.*, 2009; Westerman *et al.*, 2012; MacKinsey, 2015). Tampoco se han valorado los efectos

de la pandemia en la estructura de producción, la ampliación de la brecha interna entre las grandes empresas y PYMES, así como el impacto en los sectores intensivos en tecnología que son fundamentales en el proceso de diversificación e incorporación de mayor valor agregado para cerrar las brechas de productividad e ingresar al crecimiento sostenible de largo plazo. (Cepal, 2020, informe especial, núm. 4).

La conectividad fue otro de los problemas internos enfrentados por las empresas cuyo papel es determinante en los sistemas digitales, especialmente para la apropiación de la IoT. La seguridad de la I4.0 afecta a las redes inteligentes, las soluciones TIC, los servicios *cloud*, *big data*, los sistemas de facturación y gestión de la relación con clientes. El desarrollo digital incluye cuatro sub dimensiones: disponibilidad de banda ancha, fija y móvil, velocidad de transmisión de la infraestructura de conectividad y grado de asequibilidad de precios a tales redes. En los países industrializados, como consecuencia de la sofisticación tecnológica, se produjo un aumento de la demanda de conectividad avanzada (OCDE 2019; North *et al.*, 2019). Según el Global Connectivity Index, México se ubica en la categoría de adopción intermedia (*adopters*) de conectividad, con métricas semejantes a las de países como Argentina, Brasil, Colombia y España. En términos de equipamiento de acceso a conectividad, 85 de cada 100 mexicanos contaban con un smartphone al finalizar 2018. Esto significa que el parque tecnológico de estos dispositivos asciende a 106.5 millones, con una razón de crecimiento de 7 por ciento en el último año. Entre estos, 45 por ciento tienen atributos que los caracterizan como smartphones de gama baja, 49 por ciento corresponden a media y sólo 6 por ciento son de gama alta. (The Competitive Intelligence Unit (CIU), 2018).

La Encuesta sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH, 2018) desarrollada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi) señala que más de 40 por ciento de la población carece aún de acceso a internet, en el país persiste la brecha digital. La encuesta ENDUTIH (2019) revela que 34.4 millones de personas (casi el 30 por ciento de la población de seis años o mayor del país no es usuaria de internet). Las estadísticas recopiladas por el Inegi, a través de los censos económicos de las empresas realizados en 2018, indican que las empresas del país han usado la conectividad en sus procesos productivos, las más intensivas son las grandes, con una proporción superior al 80 por ciento de la totalidad; potencian la productividad basadas en el uso creciente intensivo de internet.

La transformación digital de la industria (I4.0) implica infraestructuras de conectividad robustas y seguras para evitar fugas no deseadas de información y dar confianza a los usuarios; exige la creación de estándares y la interoperabilidad, ya que surgen incompatibilidades en el procesamiento de datos, almacenamiento o integración no evaluados para responder a una mayor amplitud geográfica.

La infraestructura y la banda ancha poco desarrollada constituyen una importante limitación para el aumento de la productividad en los países latinoamericanos, especialmente para el crecimiento del sector servicios. Los casos exitosos son enclaves localizados en clústeres regionales como en los casos de Argentina, Brasil, México y Uruguay (Navarro, 2018). Recientemente en México, como parte de los ajustes de austeridad presupuestal, la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT) suprimió la Subsecretaría de Comunicaciones y Desarrollo Tecnológico (SCT), dependencia responsable de reducir la brecha digital, a través del acceso a internet y desarrollo de habilidades para la población.

En los obstáculos externos, indicados por los entrevistados, la falta de oferta de financiamiento fue relevante. Esta percepción confirma que el acceso al financiamiento ya fue un problema, aun antes de desencadenarse la pandemia de la Covid-19, especialmente para las PYMES que integran la cadena de proveedores y requieren apoyos económicos para preparar el nuevo proceso de digitalización y expandir nuevos negocios. En otros países la expansión de la I4.0 co-evolucionó con apoyos selectivos de las políticas gubernamentales generando un espacio de experimentación basado en la colaboración pública-privada para desarrollar proyectos, regulaciones, estándares internacionales y nacionales, información para PYMES, consolidando una narrativa de involucramiento público-privado, con una implicación de la sociedad en la información (Casalet, 2017; Borrás y Edler, 2020; Eppler *et al.*, 2011; Hirsch-Kreinsen, 2016; European Commission, 2019).

En el periodo de aplicación de la encuesta a las empresas, la situación de incertidumbre ya afectaba a la inversión productiva, aunada a la desconfianza empresarial para invertir, debido a las menores expectativas de crecimiento económico, mayores costos de financiamiento locales y la prolongada negociación del nuevo tratado comercial T-MEC, en medio de una incierta situación internacional y nacional. La velocidad de expansión de la pandemia desactivó la continuidad de las cadenas globales de valor interrumpidas por la profundidad y velocidad de los contagios de la Covid-19 afectando la producción, el consumo de bienes y servicios en el país y en el mundo, con dificultad de determinar la orientación y recomposición futura de nuevas redes por el gran calado de los impactos en los múltiples subsistemas afectados.

Las empresas afiliadas al programa para la Industria Manufacturera Maquiladora y de Servicios de Exportación (Inmex) señalaron disminuciones anuales de sus exportaciones de 41 por ciento en abril y 57 por ciento en mayo. Entre los sectores más golpeados figuran turismo (hoteles, restaurantes y cafeterías) y aeronáutico. (Inegi, 2020).

## REFLEXIONES TENTATIVAS SOBRE UN FUTURO IMPREDECIBLE

El trabajo respondió a varias interrogantes sobre el porqué y cómo evoluciona el proceso de digitalización. La revisión de la amplia bibliografía a nivel internacional reveló aspectos claves de los sistemas de información, los recursos digitales empleados, y cómo éstos impactan la estructura de organización de las empresas y generan nuevas estrategias para innovar los modelos de negocios con intervención activa de usuarios, en un proceso de co-creación de valor al personalizar productos. La mayor parte de la literatura de estudio y publicitaria sobre la I4.0 proviene de países industrializados e investigaciones promocionadas por organizaciones internacionales, la digitalización es todavía un proceso anclado en estos países. El debate internacional profundiza la potencialidad de la industria y los cambios en las estrategias empresariales generados por la expansión de la I4.0 en la fabricación y los cambios logísticos. Éstos no sólo facilitaron el transporte de productos y componentes, dentro y fuera de las regiones de localización, sino que se convirtió en una condición indispensable para la organización de las cadenas de suministros, especialmente útil para resolver las distancias geográficas en la producción, a través de grandes operadores que combinan gestión de la cadena de suministros y fabricación. La digitalización habilita una variedad de arreglos en la cadena de producción, ya sea altamente integrada y automatizada, o una arquitectura de producción modular y fragmentada que involucra a diferentes países, y de acuerdo con los rendimientos económicos, transforman la geografía de la producción.

La realización de la investigación empírica en múltiples empresas de sectores avanzados tecnológicamente de México (automotriz, aeroespacial y servicios) permitió explorar sobre las condiciones del proceso de transformación analógica a digital; proporcionó elementos para evaluar los problemas reales y carencias arrastradas por largo tiempo, que han obstaculizado tanto la transición actual, como múltiples estrategias de innovación en diferentes momentos históricos. La gran crisis genuinamente global, la pandemia Covid-19, no sólo trastocó la economía, afectó profundamente a la sociedad global y nacional, a la gente y los espacios de comunicación, especialmente los sistemas de salud y el mercado laboral. La esperada normalidad aún tardará mucho tiempo, será necesario pensar nuevas dimensiones de colaboración y políticas públicas para superar los múltiples riesgos y miedos de una situación excepcional, pero que, dada su extensión, se ha convertido en normal.

En el caso de México, previo a la pandemia en 2019, ya se anunciaba el recorte en el pronóstico de crecimiento para la economía mexicana basado en la caída de la inversión, el débil consumo y los retrasos en la ejecución del presupuesto público relacionados con el comienzo de una nueva administración. Los efectos de la pandemia paralizaron la producción y las cadenas productivas a nivel internacional y nacional profundizando la falta de liquidez de las empresas, con costos suplementarios

vinculados a protocolos de seguridad y protección laboral. La firma del T-MEC fue un dato favorable para el sector automotriz y servicios digitales; aunque sus rendimientos no serán inmediatos, puede ser una oportunidad para participar en la economía digital, aun para las PYMES proveedoras que pueden tener una oportunidad con herramientas de bajo costo y hacer más eficiente la organización. La mayoría de las instituciones financieras, incluido el Banco de México, pronostican bajas expectativas de crecimiento del PIB para 2020, que van de -4,6 a -8,8 por ciento. Aunado a un clima de inseguridad e incertidumbre en el cumplimiento de contratos, el entorno favorable al crecimiento se complica. La falta de acuerdos sociales de colaboración pública y privada pesa negativamente y obstaculiza nuevas búsquedas de salidas para la reactivación de la economía, la inversión en infraestructura, la creación de un entorno regulatorio seguro de datos, aunado todo esto a la falta de inversión privada y pública para enfrentar las ausencias en las brechas digitales y la desigualdad en las capacidades digitales.

La carencia de recursos humanos, con capacidades avanzadas para desarrollar nuevos productos y servicios, está relacionada con la información, la creación de contenidos y resolución de problemas, es en este entorno donde se manifiesta la falta de respuestas efectivas por parte de los actores claves, empresariales y sector público. A nivel empresarial, aun las empresas grandes o empresas proveedoras de diversos *tiers* de la cadena de suministro que cuentan con redes más sólidas y mejores salarios, no han avanzado en la creación de perfiles laborales y en la búsqueda de soluciones de nuevas oportunidades de negocios. Por otra parte, la oferta de formación pública demasiado escolarizada, no contempla los avances de las investigaciones especializadas que proporcionan un diagnóstico más adecuado de los problemas de los sectores productivos. La asimilación y coordinación de esfuerzos podría influir deliberadamente para revelar las carencias de la estructura productiva, pero también profundizando en la capacidad para identificar oportunidades y de paso ubicar la falta de habilidades digitales (*big data, cloud computing*, Inteligencia Artificial, IA).

La necesidad de profundizar en la investigación multidisciplinaria se extiende a múltiples sectores productivos para comprender la naturaleza del cambio socio-técnico, la distribución de las capacidades, y el grado de aceptación social de los procesos y resultados. Estos análisis son imprescindibles para comprender la complejidad del cambio, en todas las revoluciones tecnológicas; el impacto inicial se sobredimensiona a corto plazo y a largo plazo se subestima (McAfee y Brynjolfsson, 2016). La lógica de la eficiencia se antepone a las necesidades de la sociedad para alcanzar una base más igualitaria. La atención a los efectos de la pandemia ha provocado un incremento del reconocimiento de la investigación y de la opinión de los científicos, logros que no habían conseguido las políticas de difusión y divulgación de la ciencia (Urrea, 2020). La difícil tarea será mantener el interés y

la confianza del sector público y privado para apoyar la investigación que indague en las ausencias existentes y también en las oportunidades para desarrollar en un futuro todavía incierto, donde hay riesgos de los que aún no somos conscientes, como la gobernanza de datos, el futuro del trabajo, el riesgo de la precarización de los trabajadores y el grado de aceptación social y donde el Estado tiene amplios papeles a jugar que van más allá del mercado. Como corregir las fallas referidas a la gobernanza del sistema sociotécnico digital y desarrollar las capacidades de los agentes cuya acción puede contribuir e influenciar la adopción de los cambios, cuya conflictividad dependerá de la gestión de múltiples dimensiones, entre las que se cuenta los desafíos externos e internos que puede abrir el T-MEC y la orientación hacia la diversidad frente a situaciones inéditas que requieren tiempos y resultados diferenciales para recuperar la confianza ciudadana frente al flujo masivo de desinformación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Accenture Technology Vision (2018), *Redefine Your Company Based on the Company You Keep. Intelligent Enterprise Unleashed*, [https://www.accenture.com/\\_acnmedia/Accenture/next-gen-7/tech-vision-2018/pdf/Accenture-TechVision-2018-Tech-Trends-Report.pdf#zoom=50](https://www.accenture.com/_acnmedia/Accenture/next-gen-7/tech-vision-2018/pdf/Accenture-TechVision-2018-Tech-Trends-Report.pdf#zoom=50).
- Autio, Erkoo; Nambisan, Satish; Thomas, Llewellyn y Wright, Mike (2018), “Digital Affordances, Spatial Affordances, and the Genesis of Entrepreneurial Ecosystems”, *Strategic Entrepreneurship Journal*, 12(1), pp. 72-95, <https://doi.org/10.1002/sej.1266>.
- Balsmeier, Benjamin y Woerter, Martin (2019), “Is this Time Different? How Digitalization Influences Job Creation and Destruction”, *Research Policy*, 48(8), 103765, <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.03.010>.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (2018), “Informe macroeconómico de América Latina y el Caribe. La hora del crecimiento”, <https://www.iadb.org/es/investigacion-y-datos/informe-macroeconomico-de-america-latina-y-el-caribe-2018>.
- Barnard, Chris; Bakkers, Jan y Wünsche, Silvia (2017), “The Road to the Digital Future of SMEs”, IDC White Paper, disponible en: <https://www.virginmediabusiness.co.uk/pdf/Insights%20Guides/the-road-to-digital-future.pdf>.
- Becker, Jörg; Knackstedt, Ralf y Pöppelbuß, Jens (2009), “Developing Maturity Models for IT Management”, *Business & Information Systems Engineering*, 1(3), pp. 213-222, <https://doi.org/10.1007/s12599-009-0044-5>.
- Borrás, Susana y Edler, Jakob (2020), “The Roles of the State in the Governance of Socio-technical Systems’ Transformation”, *Research Policy*, 49(5), 103971, <https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.103971>.

- Brettel, Malte; Klein, Manuel y Friederichsen, Niklas (2016), “The Relevance of Manufacturing Flexibility in the Context of Industrie 4.0.”, *Procedia CIRPC*, 41, pp. 105-110, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.12.047>.
- Butollo, Florian (2020), “Digitalization and the Geographies of Production: Towards Reshoring or Global Fragmentation?”, *Competition & Change*, doi: 1024529420918160, <https://doi.org/10.1177/1024529420918160>.
- Casalet, Mónica (coord.) (2017), *El paradigma de la convergencia del conocimiento: Alternativa de trabajo colaborativo y multidisciplinario*, Flacso Mexico, [https://www.flacso.edu.mx/sites/default/files/libros\\_oa/el-paradigma-de-la-convergencia.pdf](https://www.flacso.edu.mx/sites/default/files/libros_oa/el-paradigma-de-la-convergencia.pdf).
- \_\_\_\_ (2018), *La digitalización industrial: Un camino hacia la gobernanza colaborativa. Estudios de casos*, Cepal, <https://www.cepal.org/es/publicaciones/44266-la-digitalizacion-industrial-un-camino-la-gobernanza-colaborativa-estudios-casos>.
- \_\_\_\_ (2019), *La transformación digital: Una alternativa de crecimiento para las PYME's mexicanas*, [https://www.academia.edu/40653661/LA\\_TRANSFORMACION\\_DE\\_CRECIMIENTO\\_PARA\\_LAS\\_PYMES\\_MEXICANAS](https://www.academia.edu/40653661/LA_TRANSFORMACION_DE_CRECIMIENTO_PARA_LAS_PYMES_MEXICANAS).
- Casalet, Mónica y Stezano, Federico (2020), “Risks and Opportunities for the Progress of Digitalization in Mexico”, *Economics of Innovation and New Technology*, 0(0), pp. 1-16, <https://doi.org/10.1080/10438599.2020.1719643>.
- Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación (CIECTI) (2019), “DT17: Industria 4.0: ¿intensificación del paradigma TIC o nuevo paradigma tecnoorganizacional?”, Documentos de Trabajo, Ideas, Innovación, Inclusión, <http://www.ciecti.org.ar/publicaciones/industria-4-0-intensificacion-del-paradigma-tic-o-nuevo-paradigma-tecnoorganizacional/>.
- Christensen, Clayton; Bartman, Thomas y van Bever, Derek (2016), “The Hard Truth About Business Model Innovation”, *MIT Sloan Management Review*, 58(1), pp. 31-40.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal) (2020a), “América Latina y el Caribe ante la pandemia del Covid-19. Efectos económicos y sociales”, (núm. 1, Informe Especial Covid-19, p. 15), <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45337-america-latina-caribe-la-pandemia-COVID-19-efectos-economicos-sociales>.
- \_\_\_\_ (2020b), “Dimensionar los efectos del Covid-19 para pensar en la reactivación”, (núm. 2, Informe Especial Covid-19, p. 21), <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45445-dimensionar-efectos-COVID-19-pensar-la-reactivacion>.
- \_\_\_\_ (2020c), “El desafío social en tiempos del Covid-19”, (núm. 3, Informe Especial Covid-19, p. 22), <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45527-desafio-social-tiempos-COVID-19>.
- \_\_\_\_ (2020d), “Sectors and Businesses Facing Covid-19: Emergency and Reactivation”, (núm 4, Informe Especial Covid-19, p. 23), <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/45736>.

- (2020), *Estudio económico de Centroamérica y la República Dominicana en 2019 y perspectivas para 2020*, <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46026-estudio-economico-centroamerica-la-republica-dominicana-2019-perspectivas-2020>.
- (2020), “Agenda 2030 para el desarrollo sostenible, en el nuevo contexto global y regional”, <https://www.cepal.org/es/temas/agenda-2030-desarrollo-sostenible>.
- Davidsson, Per (2015), “Entrepreneurial Opportunities and the Entrepreneurship Nexus: A Re-conceptualization”, *Journal of Business Venturing*, 30(5), pp. 674-695.
- Deming, David y Kahn, Lisa (2017), “Skill Requirements Across Firms and Labor Markets: Evidence from Job Postings for Professionals”, Faculty Research Working Paper Series, Harvard University and National Bureau of Economic Research, Yale University, <https://doi.org/10.1086/694106>.
- Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH) (2018), Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi), <https://www.inegi.org.mx/programas/dutih/2018/>.
- (2019), Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi), <https://www.inegi.org.mx/programas/dutih/2019/>.
- Eppler, Martin; Hoffmann, Friederike y Bresciani, Sabrina (2011), “New Business Models Through Collaborative Idea Generation”, *International Journal of Innovation Management*, 15(06), pp. 1323-1341, <https://doi.org/10.1142/S1363919611003751>.
- European Commission (2019), *The Digital Skills and Jobs Coalition*, Shaping Europe’s Digital Future, European Commission, <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-skills-jobs-coalition>.
- Ford, Martin (2015), *Rise of the Robots: Technology and the Threat of a Jobless Future*, Basic Books, Nueva York.
- Gilchrist, Alasdair (2016), *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*, Apress, <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-4842-2047-4>.
- Grégoire, Denis y Shepherd, Dean (2012), “Technology-Market Combinations and the Identification of Entrepreneurial Opportunities: An Investigation of the Opportunity-Individual Nexus”, *Academy of Management Journal*, 55(4), pp. 753-785, <https://doi.org/10.5465/amj.2011.0126>.
- Grundke, Robert; Marcolin, Luca; Nguyen, The Linh Bao y Squicciarini, Mariagrazia (2018), “Which Skills for the Digital Era?: Returns to Skills Analysis”, *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, núm. 2018/09, OECD Publishing, <https://ideas.repec.org/p/oec/stiaaa/2018-09-en.html>.
- Harrigan, Paul; Ramsey, Elaine y Ibbotson, Patrick (2011), “Critical Factors Underpinning the e-CRM Activities of SMEs”, *Journal of Marketing Management*, 27(5-6), pp. 503-529, <https://doi.org/10.1080/0267257X.2010.495284>.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2016), “Digitization of Industrial Work: Development Paths and Prospects”, *Journal for Labour Market Research*, 49(1), pp. 1-14, <https://doi.org/10.1007/s12651-016-0200-6>.

- Kang, Hyoung Seok; Lee, Ju Yeon; Choi, SangSu; Kim, Hyun; Park, Jun Hee; Son, Ji Yeon; Kim, Bo Hyun y Noh, Sang Do (2016), "Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions", *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 3(1), pp. 111-128, <https://doi.org/10.1007/s40684-016-0015-5>.
- Karltorp, Lisbeth (2017), *Digital Transformation Strategies in Small Businesses: A Case Study in the Swedish Manufacturing Industry*, Jönköping University, <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:hj:diva-36432>.
- Katz, Raúl (2018), *Capital humano para la transformación digital en América Latina*, Cepal, <https://www.cepal.org/es/publicaciones/43529-capital-humano-la-transformacion-digital-america-latina>.
- Kshetri, Nir (2014), "The Emerging Role of Big Data in Key Development Issues: Opportunities, Challenges, and Concerns", *Big Data & Society*, <https://doi.org/10.1177/2053951714564227>.
- Lee, Jay; Kao, Hung An y Yang, Shanhu (2014), "Service Innovation and Smart Analytics for Industry 4.0 and Big Data Environment", *Procedia CIRP*, vol. 16, pp. 3-8, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.02.001>.
- Maier, Maximilian; Korb, Jakob y Brem, Alexander (2015a), "Innovation in Supply Chains-Solving the Agency Dilemma in Supply Networks by Using Industry 4.0 Technologies", *International Journal of Communication Networks and Distributed Systems*, 15(2/3), pp. 235-247, <https://doi.org/10.1504/IJCNSD.2015.070976>.
- McAfee, Andrew y Brynjolfsson, Erik (2016), "Human Work in the Robotic Future. Policy for the Age of Automation", *Foreign Affairs*, 95(4), pp. 139-150, <https://www.foreignaffairs.com/articles/2016-06-13/human-work-robotic-future>.
- McIntyre, David y Srinivasan, Arati (2017), "Networks, Platforms, and Strategy: Emerging Views and Next Steps", *Strategic Management Journal*, 38(1), pp. 141-160, <https://doi.org/10.1002/smj.2596>.
- McKinsey, Quarterly (2015), *Raising your Digital Quotient*, <https://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/raising-your-digital-quotient>.
- Mont, Oksana y Plepys, Andrius (2007), "System Perspective on Service Provision: A Case of Community-based Washing Centres for Households", *International Journal of Public Affairs*, 3, pp. 130-151, [https://www.researchgate.net/publication/242262661\\_System\\_Perspective\\_on\\_Service\\_Provision\\_A\\_case\\_of\\_community-based\\_washing\\_centres\\_for\\_households](https://www.researchgate.net/publication/242262661_System_Perspective_on_Service_Provision_A_case_of_community-based_washing_centres_for_households).
- Müller, Julian Marius; Buliga, Oana y Voigt, Kal-Ingo (2018), "Fortune Favors the Prepared: How SMEs Approach Business Model Innovations in Industry 4.0", *Technological Forecasting and Social Change*, 132, pp. 2-17, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.12.019>.
- Nambisan, Satish (2017), "Digital Entrepreneurship: Toward a Digital Technology Perspective of Entrepreneurship", *Entrepreneurship Theory and Practice*, 41(6),

- pp. 1029-1055, <https://journals.sagepub.com/doi/10.1111/etap.12254> y/o <https://doi.org/10.1111/etap.12254>.
- National Institute of Standards and Technology (2013), *Foundations for Innovation in Cyber-Physical Systems*, <https://www.nist.gov/system/files/documents/el/CPS-WorkshopReport-1-30-13-Final.pdf>.
- Navarro, Juan Carlos (2018), *El imperativo de la transformación digital: Una agenda del BID para la ciencia y la innovación empresarial en la nueva revolución industrial*, Banco Interamericano de Desarrollo, <http://dx.doi.org/10.18235/0001293>.
- Navarro, Mikel y Sabalza, Xavier (2016), “Reflexiones sobre la industria 4.0 desde el caso vasco”, *Ekonomiaz: Revista Vasca de Economía*, 89, pp. 142-173, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5487066>.
- Nguyen, ThuyUyen; Newby, Michael y Macaulay, Michael (2019), “Information Technology Adoption in Small Business: Confirmation of a Proposed Framework”, *Journal of Small Business Management*, 53(1), pp. 207-227, <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1111/jsbm.12058>.
- North, Klaus; Aramburu, Nekane y Lorenzo, Oswaldo (2019), “Promoting Digitally Enabled Growth in SMEs: A Framework Proposal”, *Journal of Enterprise Information Management*, 33(1), pp. 238-262, <https://doi.org/10.1108/JEIM-04-2019-0103>.
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) (2017), *OECD Digital Economy Outlook 2017*, OECD Publishing, Paris, disponible en <http://dx.doi.org/10.1787/9789264276284-en>.
- (2019), *Measuring the Digital Transformation: A Road Map for the Future*, OECD Publishing, Paris, disponible en <https://doi.org/10.1787/9789264311992-en>.
- Orkestra (2018), “Informe de Competitividad del País Vasco 2018”, Orkestra-Instituto Vasco de Competitividad de la Fundación Deusto, <https://www.orkestra.deusto.es/competitividad-euskadi/2018/downloads/informe-competitividad-euskadi-2018.pdf>.
- Quinton, Sarah; Canhoto, Ana; Molinillo, Sebastian; Pera, Rebecca y Budhathoki, Tribikram (2018), “Conceptualising a Digital Orientation: Antecedents of Supporting SME Performance in the Digital Economy”, *Journal of Strategic Marketing*, 26(5), pp. 427-439, <https://doi.org/10.1080/0965254X.2016.1258004>.
- Rossetti, Manuel (2016), “¿Cómo deberían pensar los especialistas en logística sobre big data?”, *Newsletter, XXV Aniversario: La Convergencia de Tecnologías y el Big Data*, año 17, vol. 59-4, Lania, México, [https://issuu.com/laniamx/docs/newsletter\\_lania\\_an\\_o17\\_59](https://issuu.com/laniamx/docs/newsletter_lania_an_o17_59).
- Schmidt, Rainer; Möhring, Michael; Maier, Stefan; Pietsch, Julia y Härting, Ralph-Christian (2014), “Big Data as Strategic Enabler-Insights from Central European Enterprises”, en Abramowicz, Witold y Kokkinaki, Angelika (eds.), *Business Information Systems*, pp. 50-60), Springer International Publishing, [https://doi.org/10.1007/978-3-319-06695-0\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-06695-0_5).

- Schwab, Klaus (2015), *The Fourth Industrial Revolution*, World Economic Forum, [https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=ST\\_FDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=Schwab,+K.++\(2015\)+The+Fourth+Industrial+Revolution.&ots=DUfudVtxUR&sig=\\_nq\\_4G4DmRKnw6Q5os2pesTLuXg#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=ST_FDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=Schwab,+K.++(2015)+The+Fourth+Industrial+Revolution.&ots=DUfudVtxUR&sig=_nq_4G4DmRKnw6Q5os2pesTLuXg#v=onepage&q&f=false).
- Short, Jeremy; Ketchen, David; Shook, Cristopher y Ireland, Duane (2010), “The Concept of ‘Opportunity’ in Entrepreneurship Research: Past Accomplishments and Future Challenges”, *Journal of Management*, <https://doi.org/10.1177/0149206309342746>.
- Squicciarini, Mariagrazia; Grundke, Robert; Jamet, Stéphanie y Kalamova, Margarita (2017), “Having the Right Mix: The Role of Skill Bundles for Comparative Advantage and Industry Performance in GVCs”, OECD Science, Technology and Industry Working Papers, [https://www.researchgate.net/publication/316687587\\_Having\\_the\\_right\\_mix\\_The\\_role\\_of\\_skill\\_bundles\\_for\\_comparative\\_advantage\\_and\\_industry\\_performance\\_in\\_GVCs](https://www.researchgate.net/publication/316687587_Having_the_right_mix_The_role_of_skill_bundles_for_comparative_advantage_and_industry_performance_in_GVCs).
- Sturgeon, Timothy (2019), “Upgrading Strategies for the Digital Economy”, *Global Strategy Journal*, n/a(n/a), <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/gsj.1364>.
- The Competitive Intelligence Unit (CIU) (2018), Agenda Digital Nacional, <https://static1.squarespace.com/static/587fdc951b10e30ca5380172/t/58cc1720e4fcb5e3e90fe132/1489770912521/ADN.pdf>.
- Urrea Corres, Mariola (04 de Octubre de 2020), “La ciencia como derecho”, *El País*, obtenido de <https://elpais.com/opinion/2020-10-04/la-ciencia-como-derecho.html>.
- Verhoef, Peter; Broekhuizen, Thijs; Bart, Jakob; Bhattacharya, Abhi; Dong, John Qi; Fabian, Nicolai y Haenlein, Michael (2019), “Digital Transformation: A Multidisciplinary Reflection and Research Agenda”, *Journal of Business Research*, <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>.
- Weller, Jürgen (2020), “La pandemia del Covid-19 y su efecto en las tendencias de los mercados laborales”; (núm. 1; Informe Especial Covid-19), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal), <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45759-la-pandemia-COVID-19-su-efecto-tendencias-mercados-laborales>.
- Westerman, George; Tannou, Maël; Bonnet, Didier; Ferraris, Patrick y McAfee, Andrew (2012), *The Digital Advantage: How Digital Leaders Outperform Their Peers in Every Industry*, Capgemini Consulting & MIT Sloan Management, [https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2017/07/The\\_Digital\\_Advantage\\_\\_How\\_Digital\\_Leaders\\_Outperform\\_their\\_Peers\\_in\\_Every\\_Industry.pdf](https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2017/07/The_Digital_Advantage__How_Digital_Leaders_Outperform_their_Peers_in_Every_Industry.pdf).
- Zubillaga, Agustín; Aramburu, Nekane; Lorenzo, Oswaldo; North, Klaus y Peleiter, Carla (2019), *Madurez digital de la pyme vasca*, Instituto Vasco de Competitividad-Fundación Deusto, <https://www.orkestra.deusto.es/es/investigacion/publicaciones/informes/cuadernos-orkestra/1728-madurez-digital-pyme-vasca>.