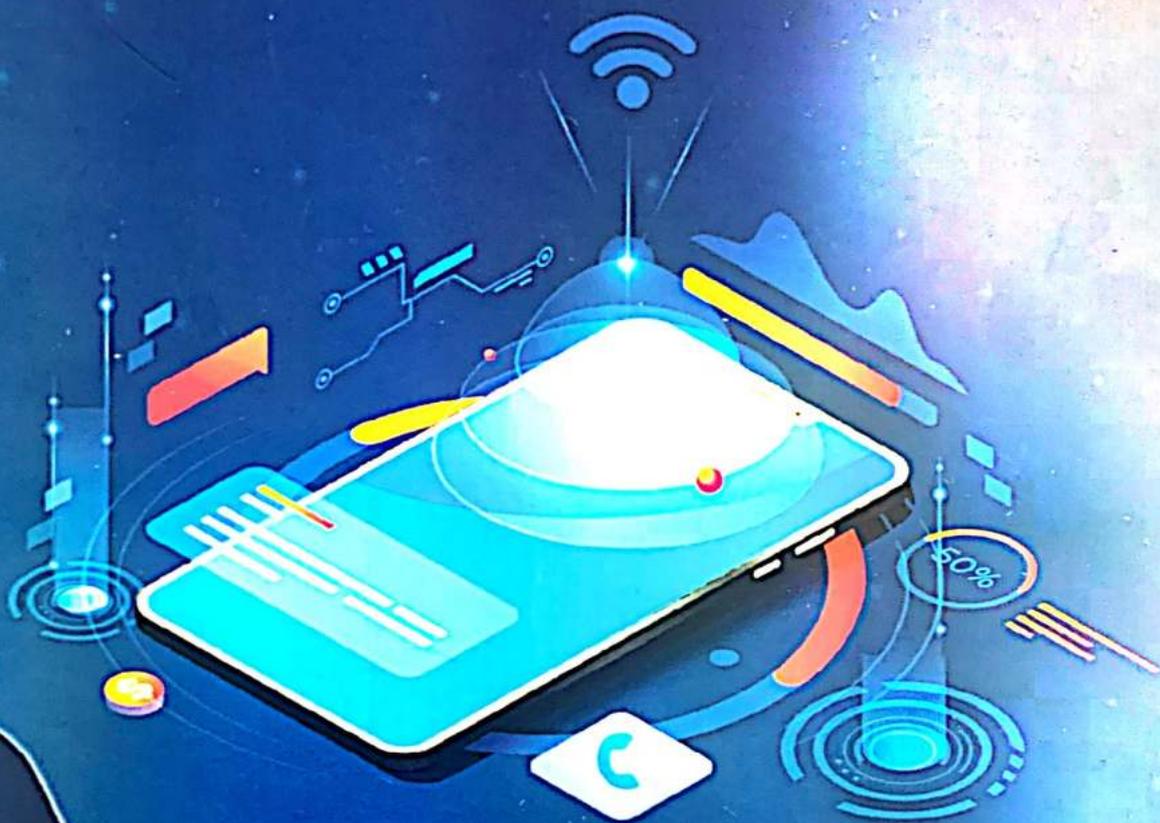




Aproximación al impacto socio-económico de las nuevas tecnologías en América Latina



Victor Manuel Figueroa Sepúlveda



MESA DIRECTIVA

SEN. MÓNICA FERNÁNDEZ BALBOA
PRESIDENTA

SEN. SALOMÓN JARA CRUZ
VICEPRESIDENTE

SEN. MARÍA GUADALUPE MURGUÍA GUTIÉRREZ
VICEPRESIDENTA

SEN. JORGE CARLOS RAMÍREZ MARÍN
VICEPRESIDENTE

SEN. M. CITLALI HERNÁNDEZ MORA
SECRETARIA

SEN. VERÓNICA DELGADILLO GARCÍA
SECRETARIA

SEN. NANCY DE LA SIERRA ARÁMBURO
SECRETARIA

SEN. PRIMO DOTHÉ MATA
SECRETARIO

SEN. MARTHA GUERRERO SÁNCHEZ
SECRETARIA

SEN. MARÍA GUADALUPE SALDAÑA CISNEROS
SECRETARIA

SEN. VERÓNICA NOEMÍ CAMINO FARJAT
SECRETARIA

SEN. KATYA ELIZABETH ÁVILA VÁZQUEZ
SECRETARIA

JUNTA DE COORDINACIÓN POLÍTICA

SEN. RICARDO MONREAL ÁVILA
COORDINADOR DEL GRUPO PARLAMENTARIO DE MORENA

SEN. MAURICIO KURI GONZÁLEZ
COORDINADOR DEL GRUPO PARLAMENTARIO DEL PAN

SEN. MIGUEL ÁNGEL OSORIO CHONG
COORDINADOR DEL GRUPO PARLAMENTARIO DEL PRI

SEN. DANTE DELGADO
COORDINADOR DEL GRUPO PARLAMENTARIO DE MC

SEN. MANUEL VELASCO COELLO
COORDINADOR DEL GRUPO PARLAMENTARIO DEL PVEM

SEN. GEOVANNA DEL CARMEN BAÑUELOS DE LA TORRE
COORDINADORA DEL GRUPO PARLAMENTARIO DEL PT

SEN. MIGUEL ÁNGEL MANCERA ESPINOSA
COORDINADOR DEL GRUPO PARLAMENTARIO DEL PRD

SEN. SASIL DE LEÓN VILLARD
COORDINADORA DEL GRUPO PARLAMENTARIO DEL PES

SEN. FREYDA MARYBEL VILLEGAS CANCHÉ
GRUPO PARLAMENTARIO DE MORENA

SEN. OSCAR EDUARDO RAMÍREZ AGUILAR
GRUPO PARLAMENTARIO DE MORENA

SEN. JOSEFINA VÁZQUEZ MOTA
GRUPO PARLAMENTARIO DEL PAN

Aproximación al impacto socio-económico de las nuevas tecnologías en América Latina

Víctor Manuel Figueroa Sepúlveda (Coord)

Aproximación al impacto socio-económico de las
nuevas tecnologías en América Latina.

Primera edición, 2020

ISBN: 978 - 607 - 8620 - 32 - 6

ISBN: 978-607-8620-32-6



Impreso en México

Indice

Presentación	3
La división y la explotación del trabajo en el capitalismo actual. Implicaciones políticas	7
Victor Manuel Figueroa Sepúlveda	
O cuarto cerebro	24
Alexandre Quresma	
Industria 4.0: Automatización y (des)empleo	47
Silvana Andrea Figueroa Delgado Graciela Nájera Solís	
Tercera colonización: de la revolución industrial a la revolución tecnológica	62
Mayra Selene Lamas Flores	
El software en la revolución tecnológica del siglo XXI.	83
Blanca Aimeé Valencia Castillo	

Industria 4.0: Automatización y (des)empleo

Silvana Andrea Figueroa Delgado
Graciela Nájera Solís

Resumen

La pujante automatización, propia de esta era industrial, augura una relación hombre-máquina desfavorable para el primero. El aumento en la densidad tecnológica va en detrimento directo del crecimiento del empleo, particularmente el industrial. Las ocupaciones en riesgo de ser automatizadas son vastas, y aunque atañen más a aquellas que no requieren de alta cualificación, no se limitan a ellas. El mundo del trabajo se estará viendo afectado por una mayor precarización, flexibilización y polarización. Estos son aspectos que recoge el presente trabajo, dentro del cuerpo de predicciones que emanan de la cuarta revolución industrial.

Palabras clave: Cuarta revolución industrial; Automatización; Robots industriales; Ocupaciones en riesgo.

Introducción

Nuestra pretensión en el presente trabajo, es subrayar transformaciones determinantes que están tomando lugar en la esfera del trabajo, a raíz de la naciente revolución industrial, la cuarta en la historia del capitalismo, en plena conciencia de que la misma es expresión de tendencias inherentes al sistema. En particular, se destaca la relación prevaleciente entre la creciente automatización laboral y el desplazamiento de mano de obra. Dicho desplazamiento afecta principalmente al trabajo que se ejecuta en funciones simples, manuales y repetitivas, aunque no sólo. Ello ocurre al tiempo en que las exigencias por la incorporación de mayor conocimiento al proceso productivo se intensifican, impactando en el crecimiento de la demanda de trabajo cualificado. Con todo, quedará exhibido que la porción de empleo en riesgo de ser automatizado es preocupantemente alta, siendo los países subdesarrollados los más vulnerables, dado su característico atraso en materia científica-tecnológica y en la formación de recursos humanos; y, por tanto, su disposición a depender de importaciones de productos con mayor complejidad.

Para el abordaje de lo propuesto, la exposición ha sido organizada de la siguiente manera. En primer lugar, se ofrece contenido conceptual en torno al significado e implicancias de una revolución industrial, así como de su causa capitalista motivacional. Junto con ello, se revisan brevemente características fundamentales de cada una de las revoluciones industriales. En un segundo momento, se profundiza en los rasgos que distinguen a la cuarta revolución industrial y la llamada industria 4.0, resaltando el cuerpo de innovaciones que encierra y su relación con la automatización. El tercer apartado se concentra en los efectos de la automatización sobre el empleo, en especial el manufacturero, a partir de diversos análisis suscitados de organizaciones públicas y privadas, y otros autores en lo individual. Esta revisión también habilita una perspectiva regional. Por último, se anuncian conclusiones en el sentido de atenuar las tendencias expuestas.

1. Revolución industrial: consideraciones conceptuales

Las *revoluciones industriales*, inscritas en la marcha capitalista, constituyen momentos disruptivos que reflejan un salto cualitativo en el desarrollo de las fuerzas productivas, con múltiples y profundos impactos en las dimensiones de la producción, distribución y el consumo, e incluso en el pensamiento y la cultura. Refieren a la capacidad transformadora que en un punto alcanza el incesante progreso en el conocimiento y su aplicación práctica con fines utilitarios. En palabras de Figueroa Delgado (2015: 81), una revolución industrial expresa la magnitud “transversal que tiene una innovación, o una cadena de ellas, de incidir en la elaboración de productos, en procesos, técnicas y en la organización y administración de empresas, lo que redundará en un gran salto de la productividad humana, dando lugar a una estructura socioeconómica transformada”.

Joan Torrent (2002: 41) coincide en que las revoluciones industriales se articulan en torno a “un conjunto de cambios técnicos fundamentales para la producción y la distribución interconectados con un conjunto de cambios sociales y culturales de primera magnitud”. Dombrowski y Wagner (2014) agregarían que esos cambios son visibles en el ámbito laboral, en las condiciones de vida de la población y en la riqueza económica. Sin duda, lo que subyace como contenido explicativo de las revoluciones en cuestión es el afán capitalista por la ganancia. La motivación por innovar y mantenerse en la competencia, al tiempo que se aspira al ahorro de costos en la producción, da cuenta de las maravillas creativas que cristalizan en avances tecnológicos y técnicos cruciales que redundan en el incremento exponencial de la productividad laboral, pero también acusa el deterioro del factor trabajo. Al respecto, Freeman (1995, citado en Cota, Martínez y Massieu: 75) considera que:

Las transformaciones que se dan con la instauración de tecnologías nuevas también tienen que ver con los cambios en la división social del trabajo, con la fragmentación y deshumanización del trabajo, así como con los cambios en la composición y cantidad de la fuerza del trabajo a utilizar para llevar a cabo el proceso productivo.

En realidad, la cartera de autores que han argumentado en el mismo sentido es prolifera, y consientes estamos de que aquí no constituye alguna novedad, pero sí una toma de postura en el tema de nuestro interés. Reconocemos que el progreso tecnológico se acompaña de la expulsión de mano de obra, dando lugar a una *población excedentaria*¹⁸: la sustitución del obrero por la máquina. Al ser las revoluciones industriales una representación inequívoca de un momento álgido en la creatividad y su materialización productiva, deviene natural que convoquen a alteraciones en la organización del trabajo prevaleciente hasta su irrupción. En cada alteración se refuerza de forma significativa la explotación del trabajo, si bien la tendencia a su precarización se hizo más evidente a partir de la tercera ola, que se combinó con el dominio neoliberal. Paraná y Salles (2018: 121, traducción nuestra) señalan que “el nuevo marco ha aumentado el tiempo y la intensidad del trabajo, en la dirección de las demandas de apreciación del capital hacia el debilitamiento del poder social y político del trabajo”; ello encuentra reflejo en la degradación de la participación sindical, una mayor polarización de los trabajadores según su cualificación, y en el incremento del desempleo.

¹⁸ Se constituye por los trabajadores relegados del proceso productivo capitalista, como resultado de los cambios en la composición orgánica del capital (Figueroa Sepúlveda, 2014).

Ahora bien, conviene no pasar por alto la siguiente anotación. Las revoluciones industriales, al ser tuteladas por países en condiciones materiales claramente ventajosas, y en constante disputa por mantener o hacerse del poder económico y político que otorga el control monopólico de las innovaciones tecnológicas, refuerzan la situación desigual prevaleciente entre las naciones del globo. La brecha tecnológica se expande, a la vez que se consolida el colonialismo industrial al que refiere Figueroa Sepúlveda (2014), un padecimiento latente en el polo subdesarrollado. Basta revisar los altos índices de importación de bienes de capital, para dar cuenta de la inagotable dependencia, referida por Cota *et al.* (2008) y denunciada tiempo atrás por Theotonio Dos Santos (1999 [1986]).

Principales características de las revoluciones industriales

El mundo ha presenciado hasta ahora cuatro revoluciones industriales –la última de temporalidad reciente y en franco proceso de consolidación–, cuyos avances científicos y tecnológicos marcaron transformaciones de gran alcance económico, político y social, particularmente en la organización social del trabajo, en la búsqueda de incrementar la productividad y, por ende, la tasa de ganancia. Inglaterra dio origen a la primera revolución (1760-1840) con la introducción de la máquina de vapor y el consecuente impulso a la obtención de carbón y hierro –insumos indispensables para la construcción del ferrocarril– (Mandel, 1978, citado en Figueroa Delgado, 2015). Ahí emergió la producción industrial mecanizada, en donde el artesano tradicional y conocedor de los procesos y métodos de la producción fue despojado de sus herramientas de trabajo para incorporarse a la fábrica, a saber: “las tareas antes realizadas por los artesanos, se descompusieron en tareas más simples, repetitivas y que requerían menos habilidad, pero sí un mayor número de trabajadores, los cuales se desempeñan bajo supervisión” (Bravo, García y Schlechter, 2018: 4) del propietario de los medios de producción.

A finales del siglo XIX y principios del XX, una segunda revolución industrial fue gestada en Europa y Estados Unidos de América, cuya base tecnológica descansó en la electricidad y el uso de combustibles fósiles como fuentes de energía. Esta disrupción sustentó la fabricación en masa a través de la difusión de las líneas de ensamblaje, con productos estandarizados obtenidos en menor tiempo y costo –modelo taylor-fordista– (Bravo, García y Schlechter, 2018; Pereira y Romero, 2017). En esta etapa el trabajador transitó hacia una mayor especialización, y se consolidó la separación del trabajo general (el científico, el creativo, el de la invención, de alta calificación) del inmediato (el que aplica el conocimiento materializado, el manual, el de menor calificación) (Figueroa Sepúlveda, 1986). El artesano de las primeras fábricas, poseedor del conocimiento íntegro del proceso productivo, del saber hacer, y de las habilidades físicas para hacer, quedó diluido por la gran industria.

La raíz de la tercera revolución industrial podría situarse entre finales de la década de 1960 y la de 1970 con la invención del microprocesador, microordenador y sistemas operativos, a la par de una ingeniosa red electrónica de comunicación, que más tarde se tornaría en la valiosa internet (Castells, 2006). Las tecnologías de la información y comunicación (TICs) fueron las protagonistas de esta revolución. Su uso masivo permitió a la esfera productiva asumir y/o expandir rasgos propios de la organización toyotista, como son la subcontratación, la fragmentación, pedidos programados, diversificación de tareas, etc. (Coriat, 2007), todo en vías de reducir costos y mejorar la ganancia. De esta forma, también toma lugar la automatización

laboral, definida por Frey y Osborne (2017) como el proceso de reemplazo de mano de obra por efecto de equipos controlados de manera computarizada; Bravo, García y Schlechter (2018: 12), al ejemplificar las esferas de sustitución, mencionan al “ensamblado de circuitos eléctricos o la soldadura de piezas automotrices” a partir de la inserción de tecnologías robóticas, pero comandadas por los humanos. La distinción que encuentran con la siguiente fase es que en esta última la máquina robotizada tiene un proceso de aprendizaje autónomo *-machine learning-* que prescinde de la intervención humana.

Vale mencionar que durante la etapa que encierra la tercera revolución industrial, comenzaron a darse abundantes teorizaciones sobre el valor del conocimiento como un activo de vital importancia en las economías nacionales. Torrent (2002) lo tipifica y divide en el de carácter científico, el técnico, y el que cobra cuerpo en las habilidades y capacidades. Rivera Ríos (2005: 111) considera que el conocimiento se expresa en el:

saber productivo que existe en las organizaciones, sobre todo en las empresas, plasmado en la calificación conjunta de los trabajadores, las rutinas y los procedimientos que se aplican a la actividad productiva regular y que explica la capacidad para generar valor y plusvalor. (Rivera Ríos, 2005: 111)

La innovación es reconocida, con amplio consenso, como producto del conocimiento. Ello debía ser un resultado natural de la mayor complejidad tecnológica inserta en los procesos productivos y las mercancías y servicios de esta tercera era. Las teorizaciones arriba referidas tomaron varias rutas. Las teorías de crecimiento endógeno ubicaron al conocimiento y su expresión tecnológica como la explicación fundamental de las asimetrías entre los países del globo (Benavides, 1997). Tanto las conceptualizaciones de los sistemas nacionales de innovación (Freeman, 1987; Lundvall, 1985) como la de la triple hélice (Etzkowitz y Leydesdorff, 1995) se enfocaron en la articulación entre los agentes que inciden en la generación y aplicación del conocimiento, mientras Michael Gibbons *et al.* (1994) buscaron reinterpretar, en una audaz propuesta, la producción del mismo. Por supuesto, el saber también es un recurso central-estratégico de la cuarta revolución industrial.

Entre la cuarta revolución y la anterior existe una relación en extremo estrecha, no sólo por el corto tiempo transcurrido entre una y otra *-bastaron un par de décadas-*, sino porque las innovaciones de la tercera en materia de informática y robótica, entre otras, son sustento de los avances tecnológicos actuales; tal como la electricidad y el petróleo trascendieron de la segunda a la tercera revolución, e incluso no se eliminan en esta cuarta. Con todo, reconocemos que la línea en esta ocasión es delgada, tanto que ha habido quien no habla propiamente de una revolución, sino una evolución industrial (Schroeder, 2016). No obstante, el transcurrir en la generación del conocimiento sí ha dado lugar a una gama novedosa de procesos y productos, que pueden distinguirse en un caso y en otro.

En la naciente cuarta revolución industrial se enlazan y convergen distintos campos del saber, como lo son el físico, el digital y el biológico, que ha facultado “la minería de datos (*Data Mining*), visión por computadoras (*Machine Vision*), o estadísticas computacionales, así como avances en robótica y en sistemas cyberfísicos”

(Bravo, García y Schlechter, 2018: 3). Ello ha intensificado la automatización del proceso productivo (Dombrowski y Wagner, 2014) con “tecnologías capaces de monitorear su entorno y retroalimentarse de él, teniendo la capacidad de tomar decisiones de forma autónoma” (Bravo, García y Schlechter, 2018: 12), en particular a través de la robótica e inteligencia artificial.

La creciente automatización, propia de la cuarta revolución industrial, libera trabajo, pero no informa de la superación de relaciones capitalistas de producción, no es el fin de trabajo como tal, lo que está en cuestión. Sin duda, plantea escenarios distintos para la fuerza laboral, al modificar tanto las condiciones de trabajo como las características de la mano de obra requerida, lo que augura desventajas para los trabajadores poco calificados, y pronostica el crecimiento del desempleo; por tanto, un aumento considerable de la desigualdad en el ingreso es esperado (WEF, 2018).

2. Cuarta revolución industrial: aspectos centrales

En el año 2011 el gobierno alemán lanzó su estrategia tecnológica llamada Industria 4.0, cuya meta principal era alcanzar, en el año 2020, la automatización completa del proceso productivo, es decir, obtener una inferencia mínima del humano a través de la combinación de mecanismos físicos (tangibles, como las máquinas) y digitales (intangibles, como software), volviendo la “fábrica inteligente” el centro de producción (Perasso, 12/10/2016; Pereira y Romero, 2017), en donde mediante “sensores conectados a internet, se dota a los equipos de la capacidad [de] ser monitoreados y operados de forma remota, sin necesidad de operarios físicos en las plantas de producción” (Bravo, García y Schlechter, 2018: 9).

Se gestaba la cuarta revolución industrial, que, de acuerdo con MinHwa *et al.* (2018), implica el uso eficaz de sistemas inteligentes capaces de mejorar la productividad y competitividad, bajo una estrecha relación entre la tecnología y los seres humanos, modificando el mercado laboral hacia empleos de alta calidad y con nuevas habilidades. De ahí que diversos organismos internacionales, empresas y universidades –liderados por el Foro Económico Mundial–, comenzaran a estimar los alcances que las innovaciones tecnológicas tendrían en los distintos ámbitos de la vida económica y social.

De la mencionada convergencia entre los campos biológico, físico y digital, han resultado innovaciones y/o mejoras de tecnologías impensadas en el pasado, como lo son “la robótica, la impresión en 3D, el Internet de los Objetos, la inteligencia artificial (IA), el aprendizaje automático, la bio- y nanotecnología, la computación cuántica y en nube, nuevas formas de almacenamiento de energía, y los vehículos autónomos” (Robinson, 22/11/2017).

Tabla 1. Principales innovaciones de la cuarta revolución industrial

FISICAS	DIGITALES	BIOLOGICAS
Vehículos autónomos	Internet de las cosas	Ingeniería genética
Impresión 3D	Blockchain	Biología sintética
Robótica avanzada		Bioimpresión

Fuente: Elaboración propia con base en Schwab (2016).

Son abundantes las predicciones derivadas de estas novedades. Por ejemplo, la utilización de la impresión 3D en la industria es lo que se denomina “manufactura aditiva”, y presupone que elementos utilizados en la producción de bienes –como partes automotrices, aeronáuticas, etc.– sean hechos al instante, ahorrando trabajo vivo, tiempo y el transporte de un centro de producción a otro. Por su parte, la “bioimpresión” tiene aplicabilidad en salud –particularmente se realizan experimentos por replicar órganos humanos– y alimentación (Schwab, 2016), lo cual ha despertado fuertes debates éticos respecto a su uso, y regulación.

Lo que ya es plenamente visible es la configuración de nuevos modelos de negocio que, en efecto, se aprovechan de la comunicación en tiempo real surgida en la revolución anterior. En este esquema caben las plataformas digitales¹⁹, proveedoras de bienes de información, que han introducido al sector financiero el sistema *blockchain*, permitiendo “un libro de contabilidad compartido, programable, criptográficamente seguro y por lo tanto de fiar, que ningún usuario individual controla pero que permite ser inspeccionado por todos” (Schwab, 2016: 35). El resto del sector servicios ahora convive con Amazon, Netflix, Uber, y Airbnb, por mencionar algunas empresas globales que contribuyen al cambio de formas de trabajar y de consumir. Este tipo de empresas se distingue por el bajo costo de almacenamiento, distribución y salarios; mientras el valor de mercado y los ingresos de las mismas aumentan, los empleos requeridos tienden a disminuir (Schwab, 2016) y los generados son más precarizados.

Lo anterior fue una cuestión reconocida por el Foro Económico Mundial, el cual estimó un desplazamiento global de empleos (considerados redundantes –trabajo inmediato–) entre 2015 y 2020 por arriba de los 7 millones y, a la par, la generación de otros 2 millones de carácter científico y tecnológico, ubicados principalmente en el sector automotriz, aeroespacial y las cadenas de suministro y transporte (WEF, 2016). No obstante, en su informe de 2018, el panorama supuesto ya era el inverso: se proyectaba la pérdida de 75 millones de puestos durante el periodo 2018-2022, mientras se preveía que otros 133 millones emergerían “adaptados a la nueva división del trabajo entre humanos, máquinas y algoritmos” (WEF, 2018: viii. Traducción nuestra). Esto no guarda total sintonía con su proyección en la futura relación cuantitativa hombre-máquina que desplegaremos más adelante, pero sí nos informa que empleos que han sido considerados por décadas como especializados, ya no lo serán más.

La automatización del proceso industrial está replanteando los patrones de localización, al evaluar la importancia de la calidad de la mano de obra frente al costo de la misma: el 74% de los empresarios considera que la cualificación de la mano de obra será el factor decisivo de ubicación para el año 2022, mientras que para el resto el costo seguirá siendo el elemento central (WEF, 2018). El capital ya ha encontrado rutas donde combina ambos movimientos, visible, por ejemplo, desde hace algún tiempo en

¹⁹ Actualmente se denomina economía bajo demanda cuando se “hacen coincidir la oferta y la demanda de una manera muy asequible (de bajo costo)” (Schwab, 2016: 36), a través de medios digitales, como los teléfonos inteligentes.

el desplazamiento de inversión en Investigación y Desarrollo (I+D) hacia China (Figueroa Delgado, 2012). En este tenor, el Foro Económico Mundial advierte:

Las oportunidades inherentes para la prosperidad económica, el progreso social y el florecimiento individual en este nuevo mundo del trabajo son enormes, pero dependen fundamentalmente de la capacidad de todos los interesados para instigar reformas en los sistemas de educación y capacitación, políticas del mercado laboral, enfoques comerciales para desarrollar habilidades, acuerdos laborales y contratos sociales existentes. (WEF, 2018: v; traducción nuestra).

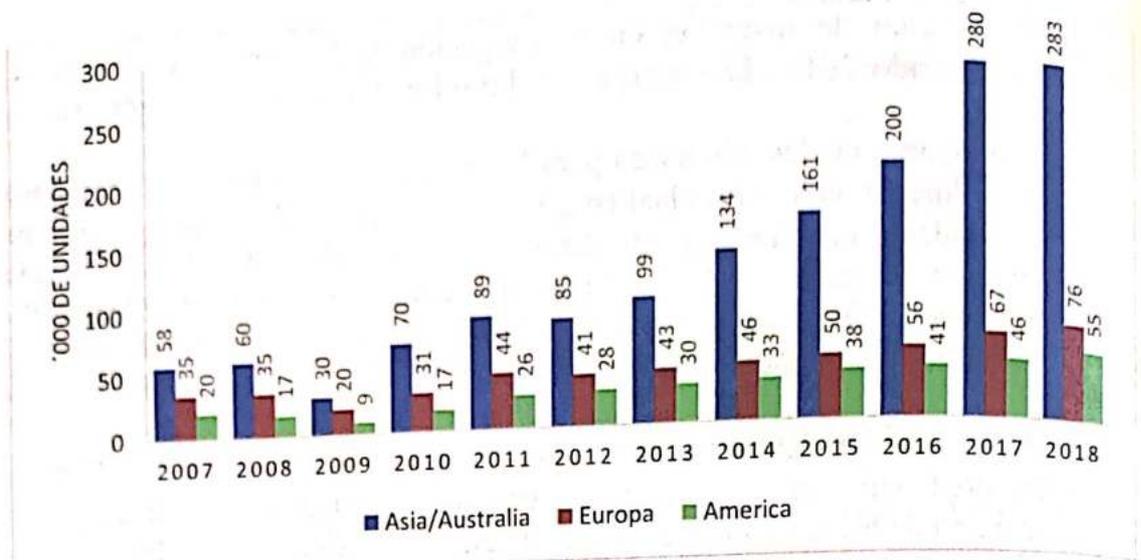
La afirmación anterior encierra una invitación sutil a una mayor flexibilización del mercado laboral, al tiempo que impone incentivos para invertir en educación e impulsar habilidades tecnológicas. Ciertamente es que en las últimas décadas “el capitalismo se ha caracterizado por el papel cada vez más central del conocimiento y el auge de las dimensiones cognitivas del trabajo” (Vercellone, 2007: 13; traducción propia). Schwab (2016: 57) en concordancia, sentencia “el empleo crecerá en puestos de trabajo cognitivos y creativos de altos ingresos y en ocupaciones manuales de bajos ingresos, pero disminuirá con fuerza para los empleos rutinarios y repetitivos de ingresos medios”. Por supuesto que surgen dudas en torno al crecimiento de “ocupaciones manuales de bajos ingresos”, pues es difícil imaginar que la automatización no afecte, por ejemplo, a la recolección de basura y a labores de limpieza o de empaquetado, entre otros.

Enseguida ahondaremos más en las implicaciones que la rampante automatización, en particular en la esfera productiva, trae para los países desarrollados y subdesarrollados; en pleno reconocimiento de que es en estos últimos donde se concentra el trabajo no cualificado.

3. Automatización productiva y los retos en materia laboral

El Índice de Preparación para la Automatización de 2018, construido por The Economist Intelligence Unit con financiamiento de la empresa tecnológica ABB, elaborado para 25 países, ubica a Corea del Sur, Alemania, Singapur, Japón y Canadá como los más altos del *ranking*. En el extremo opuesto, se encuentran Indonesia, Vietnam, México, Sudáfrica y Arabia Saudita. Dicho Índice contempla: el ecosistema existente para favorecer la innovación –gasto en investigación y desarrollo (I+D), marco normativo, programas, entre otros–; políticas educativas –programas, acceso, capacitación, uso de la inteligencia artificial, etc.–; y políticas laborales –aplicación y difusión del conocimiento, vinculación, programas de fomento a las competencias, etc.– (The Economist Intelligence Unit, 2018). Datos proporcionados por la Federación Internacional de Robots (IFR por sus siglas en inglés), agrupados en tres regiones, permiten observar que es Asia/Australia la que mayor esfuerzo ha realizado por incorporar a robots industriales en sus procesos, seguida de Europa y América (Figura 1). Dicha incorporación es principalmente en los ramos más dinámicos, como lo son el automotriz, electrónico y metalúrgico (Beliz, 2017).

Figura 1. Estimación de envíos anuales de robots industriales



Fuente: IFR (2019: 14).

Por país, en 2018, los principales compradores de robots industriales fueron China, Japón, Estados Unidos de América, República de Corea y Alemania, concentrando el 74% del total de las nuevas incorporaciones robóticas (IFR, 2019). México, por su parte, registró una cifra histórica de compra de estos robots en 2017, alcanzando las 6,356 unidades, colocándose en la novena posición mundial; al año siguiente, adquirió 5,549, lo que lo situó en el decimoquinto lugar (Plastics Technology, 24/06/2019). Para los primeros meses de 2019, enero-junio, la cantidad adquirida fue del orden de las 3,674 unidades (Ávila, 27/09/2019), con Japón, China, Alemania, Estados Unidos, Suecia y Francia, encabezando la lista de sus abastecedores (Redacción Opportimes, 11/10/2019). En cuestión de marcas, se sabe que los comercializadores más importantes para la nación mexicana en 2016 fueron “Fisnar, ABB, Mitsubishi, Fanuc, Motoman, Siemens, Schunk, Epson, TekRob GmbH y THK” (Redacción Opportimes, 28/07/2017).

En materia de ramos manufactureros destinados para la incorporación de dichas adquisiciones en México, para 2019, se ubican principalmente “la **industria automotriz** y de autopartes con 2 mil 628 unidades [71.5%], seguida por los semiconductores y electrónicos, (...) y las industrias de las ciencias médicas y farmacéutica” (Ávila, 27/09/2019). Aquí surge la necesidad de puntualizar dos aspectos. Primero, las automotrices/ensambladoras establecidas en México son de capital extranjero, esto –aunado al hecho de que también lo son los proveedores de tecnología robótica– reafirma la tendencia de la industria local, como expresión de un ecosistema subdesarrollado, a rezagarse en materia científico-tecnológica. Segundo, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, s.f., citado en Comisión Nacional de Salarios Mínimos, 2017) ha estimado que, para 2029, el costo de incorporar robots al proceso industrial igualará el costo de la mano de obra; y de hecho, supone que, por ejemplo, en la función de soldadura, esta convergencia se logró en 2017. Es probable que esto último explique, en parte, el hecho de que el empleo industrial en México con respecto al total, haya tenido un crecimiento muy modesto, sólo del 0.26% entre 2016-2017 (Banco Mundial, 2019a), mientras que la adquisición de robots industriales en ese mismo periodo creció 6.76% (IFR, 2018); para el caso de China, la tasa de crecimiento de empleo industrial se ubicó en -0.16%, frente a un aumento del 58.53% en robots (Banco Mundial, 2019b, IFR, 2018).

Cálculos realizados por Bravo, García y Schlechter (2018) para naciones desarrolladas, durante 2004 y 2016, mostraron esta relación negativa entre la densidad robótica y la participación porcentual del empleo manufacturero respecto al total. Dicha densidad robótica²⁰ en promedio fue de 91.1 unidades frente a un decrecimiento de 2.9% del empleo industrial; las ocupaciones más afectadas fueron las de baja y mediana calificación, con -0.6% y -4.5% respectivamente, en contracorriente al empleo altamente calificado, que aumentó en 5%.

El Banco Interamericano de Desarrollo (2018, con base en McKinsey, 2017 y el Banco Mundial, 2016) informa que se prevé que, al año 2050, alrededor del 57% de las ocupaciones en los países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) estarán en riesgo de automatizarse, y a nivel global, el proceso podría afectar a 1,000 millones de empleados. En la Tabla 2 se plasman ciertas actividades –productivas y de servicios– con mayores posibilidades de mantenerse en esta nueva era del capitalismo, otras susceptibles de expandirse, y las que quedarán desplazadas, de acuerdo con la visión del Foro Económico Mundial.

Tabla 2. Ejemplos de roles estables, nuevos y redundantes, todas las industrias, 2018-2022

Estables	Nuevos	Redundantes
Analistas de seguridad de la información	Analistas de datos y científicos	Abogados
Base de datos y profesionales de la red	Diseñadores de experiencia de usuario e interacción hombre-máquina	Ensambladores y obreros de fábricas
Desarrolladores y analistas de <i>software</i> y aplicaciones	Especialistas en <i>big data</i>	Conductores de motocicletas
Directores gerentes y director ejecutivo	Especialistas en inteligencia artificial y aprendizaje automático	Empleados de contabilidad y nóminas
Especialistas en robótica e ingenieros	Especialistas en nuevas tecnologías	Mecánicos y reparadores de maquinaria.
Gerentes generales y de operaciones	Especialistas en robótica e ingenieros	Secretarías administrativas y ejecutivas
Ingenieros de electrotecnología	Servicios de tecnología de la información	Trabajadores de ventas puerta a puerta, vendedores ambulantes y de noticias, y trabajadores relacionados

Fuente: WEF (2018: 9. Traducción nuestra).

Estas predicciones, realizadas dos años después de las de Schwab (2016) –quien, dicho sea de paso, encabeza al Foro–, dejan ver que la automatización sí impactará de forma negativa a las labores que requieren habilidades básicas –manuales–, y de salarios bajos, además de las enfocadas en realizar tareas repetitivas y no complejas (De Angelis, 2018), entre los que se encuentran los obreros de las fábricas (ensambladores,

²⁰ “la densidad de robots industriales se mide como el número de robots industriales por cada 10.000 ocupados en la industria manufacturera” (Bravo, García y Schlechter, 2018: 16).

operadores, etcétera). Pero igualmente afectará a aquellas plazas dedicadas al procesamiento de datos y al manejo de información relacionada con el trabajo, e incluso a ciertas actividades técnicas con algún grado de complejidad. Según *El Futuro de los Empleos Informe 2018* (WEF, 2018), para ese año los humanos realizaban en promedio el 71% del total de horas trabajadas, el resto era ejecutado por máquinas. Empero, los cálculos para 2022 sitúan la relación siguiente: 58% del total de horas laboradas tuteladas por humanos, frente al 42% operadas por máquinas (Figura 2).

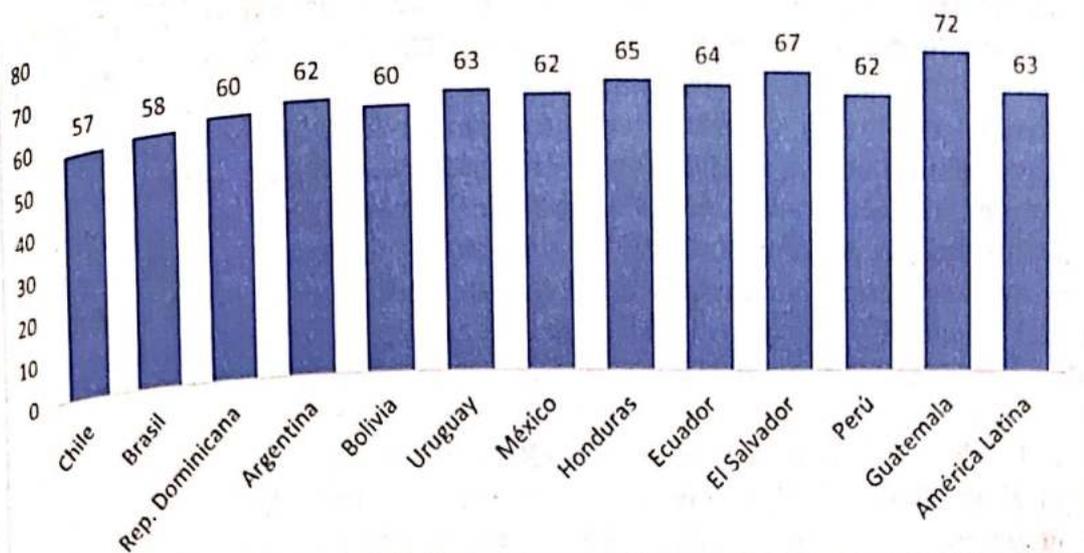
Figura 2. Estimaciones de automatización por área



Fuente: WEF (2018).

Ahora bien, yendo más allá de las áreas a ser afectadas, se proyecta que serán los países subdesarrollados los que sufrirán la mayor pérdida de empleos, en la medida en que las plazas laborales de crecimiento acelerado (Hardt y Negri, 2004) se relacionan con el conocimiento –trabajo inmaterial o general–, no muy presente en estas naciones. De acuerdo con Weller, Gontero y Campbell (2019), en América Latina el grueso de trabajadores se emplea en sectores de baja productividad (48.9%), particularmente El Salvador (79%), Bolivia (73.8%) y Honduras (72.6%); en el caso mexicano (48.4% en baja productividad) sobresalen los trabajadores por cuenta propia no profesionales ni técnicos (21.2%). Con base en la metodología ofrecida por Frey y Osborne, los autores realizan su predicción en relación al porcentaje de empleos latinoamericanos susceptibles de ser automatizados, plasmada aquí en la Figura 3.

Figura 3. Susceptibilidad a la automatización en los países latinoamericanos (porcentaje)



Fuente: Weller, Gontero y Campbell (2019: 29).

La proyección, en general, es desfavorable. A ninguno de los 12 países latinos considerados se les otorga la seguridad de conservar al menos la mitad de sus empleos en el futuro próximo. En cuanto al grado de riesgo Weller *et al.* (2019: 29-30) afirman “que ocupaciones relacionadas con tareas agropecuarias, pesca y forestales, limpiadores y vendedores callejeros tienen asignadas altos índices de automatización. Por el contrario, ocupaciones relacionadas con servicios de enseñanza y cuidado de salud tienen menores probabilidades de automatización”.

Particularmente para el caso de México, otro estudio –con resultados cercanos al anterior–, realizado por el Banco de México (BANXICO, 2018: 19)²¹, estima que dos terceras partes de la población mexicana ocupada –68.5%– se ubica en actividades con alta probabilidad de ser automatizadas, encabezando la lista el sector primario, “servicios de alojamiento y preparación de alimentos; la construcción; las industrias manufactureras; y los servicios financieros”. El Banco advierte que la mayor incertidumbre es para la mano de obra menor calificada o con bajo nivel formativo. Por su parte, la esfera educativa es la mejor posicionada para defenderse ante tal embate, seguido por servicios de salud, así como los de la cultura, deportes y recreación. Habrá que señalar que en el estudio se aclara que no necesariamente desaparecerán las ocupaciones detectadas como vulnerables, pero sí se ubican en condición de riesgo.

En síntesis, el cuerpo de datos expuestos nos alerta sobre la endeble situación en la que nos encontramos ante la prometida expulsión de fuerza de trabajo. Ello conlleva el reforzamiento de la precarización laboral existente, al tiempo que la mano de obra – particularmente la que carece de formación académica terciaria y/o la que no se ocupa en tareas creativas– competirá en condiciones más desventajosas para ocupar un puesto de trabajo, en el caso de los que aún subsistan.

Conclusiones

La Cuarta Revolución Industrial, y su ola de innovaciones, plantean nuevos y desafiantes retos para gobiernos, empresas, universidades y la sociedad en general, en

²¹ Elaborado con base en las Encuestas Nacionales de Ocupación y Empleo 2005-2017 (BANXICO, 2018).

vías de atenuar las consecuencias desfavorables que de antemano se pueden prever, entre los que destacan el incremento del desempleo, exclusión, desigualdad, movimientos migratorios, e inseguridad. Particularmente para los países subdesarrollados, estos retos atraviesan aspectos que van desde la urgente necesidad de elevar la capacitación técnica y educativa de la población, hasta la implementación de una auténtica política de Estado en el fomento de la Investigación y Desarrollo que impacte positivamente en la generación de un entorno de innovación. Pero más de fondo, y en virtud de imprimirles a las estas acciones posibilidades reales de éxito, se requiere del decidido abandono del modelo neoliberal; de otra manera, será extremadamente difícil contener las tendencias de desplazamiento laboral que aquí hemos apreciado, y que han ocurrido con más fuerza en el periodo de apertura económica. El libre comercio ha facultado la adquisición externa de robots industriales –visto aquí claramente en el caso de México–, y ha exentado la procuración de su fabricación interna, *esto debe cambiar*. La compra puede ser condicionada a cierto porcentaje de elaboración local, lo cual puede motivar la competencia entre las empresas transnacionales por captar ese mercado a través de su instalación. Más aún, se debe procurar el acceso al conocimiento restringido por las empresas trasnacionales, al tiempo que se exija la incorporación de ingenieros, tecnólogos y científicos locales a los laboratorios de las mismas. La incorporación de automatizaciones al proceso productivo debe ser controlada, normada y vigilada. De forma paralela, el Estado debe recomponer su poder de captación fiscal, de manera tal que efectivamente pueda elevar el gasto público en educación y en investigación y desarrollo, incluyendo laboratorios públicos. Estas medidas cobran mayor sentido en un ambiente donde el empleo sea concebido como medio para una vida digna y no como un mero expendio.

Referencias bibliográficas

- Ávila A., A. (27 de septiembre de 2019). El boom de la robótica en México. *El Heraldo*. Ciudad de México. Recuperado el 12 de noviembre de 2019 en: <<https://heraldodemexico.com.mx/opinion/el-boom-de-la-robotica-en-mexico/>>
- Banco de México (BANXICO) (2018). La automatización en México desde una perspectiva regional. Extracto del *Reporte sobre las Economías Regionales Julio-Septiembre, 2018*. Ciudad de México. Recuperado el 20 de julio de 2019 en: <<https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/reportes-sobre-las-economias-regionales/recuadros/%7BE3665296-DCDE-78FD-54CB-0420E1CD9A36%7D.pdf>>.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (2018). Capital humano 2.0: el futuro del trabajo en las Américas. *III Cumbre Empresarial de las Américas, Perú 2018*. DOI: <http://dx.doi.org/10.18235/0001064>
- Banco Mundial (2019a). Empleos en la industria (% del total de empleos) - México. *DataBank*. Washington, D.C. Recuperado el 20 de octubre de 2019 en: <<https://datos.bancomundial.org/indicador/SL.IND.EMPL.ZS?end=2018&locations=MX&start=1991&view=chart>>
- _____ (2019b). Empleos en la industria (% del total de empleos) – China. *DataBank*. Washington, D.C. Recuperado el 20 de octubre de 2019 en: <<https://datos.bancomundial.org/indicador/SL.IND.EMPL.ZS?end=2018&locations=CN&start=1991&view=chart>>.
- Beliz, G. (2017). Un contrato social tecnológico para América Latina. *Revista Integración y Comercio*, 21 (42) (Robot-lución, el futuro del trabajo en la integración 4.0 de América Latina), pp. 12-23.

- Benavides G., O. A. (1997). Teoría del crecimiento endógeno. Economía política y economía matemática. *Cuadernos de Economía*, XVI (26), pp. 47-67.
- Bravo M., J., García, A. y Schlechter, H. (2018). Automatización e Inteligencia Artificial: Desafíos del Mercado Laboral. *Documento de Trabajo No. 50*. Santiago de Chile. Centro Latinoamericano de Políticas Económicas y Sociales (CLAPES UC).
- Castells, M. (2006). *La era de la información. Economía, sociedad y cultura*, Vol. 1, La sociedad red. México, D.F.: Siglo XXI Editores.
- Comisión Nacional de Salarios Mínimos (2017). *Informe mensual sobre el comportamiento de la economía*, agosto. Ciudad de México: Secretaría de Economía. Recuperado el 19 de noviembre de 2019 de <<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/253465/II-ComercioExterior-agosto2017.pdf>>
- Coriat, B. (2007). *El taller y el robot. Ensayos sobre el fordismo y la producción en masa en la era de la electrónica*. México D.F.: Siglo XXI Editores.
- Cota, H., Martínez, L., y Massieu, Y. (2008). Biotecnología y genómica: ¿revolución científica, ética o tecnológica? *El Cotidiano* (147), pp. 71-82.
- De Angelis, J. (2018). La automatización en la región: actualidad y perspectivas. *Conexión Intal* (264). Recuperado el 20 de julio de 2019 en: <<https://conexionintal.iadb.org/2018/09/03/la-estructura-productiva-regional-y-el-uso-de-robots-actualidad-y-perspectivas/>>.
- Dombrowski, U. and Wagner, T. (2013). Mental strain as field of action in the 4th industrial revolution. *Procedia CIRP*, 17, pp. 100 - 105. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.077>
- Dos Santos, T. (1999 [1986]). El nuevo carácter de la dependencia. En Marini, R. M. y Dos Santos, T. (coords.), *El pensamiento social latinoamericano en el siglo XX*, Tomo I. Caracas: UNESCO. Pp. 301-323.
- Etzkowitz, H. and Leydesdorff, L. (1995). The Triple Helix -- University-Industry-Government Relations: A Laboratory for Knowledge Based Economic Development. *EASST Review*, 14 (1), pp. 14-19.
- Figuroa D., S. A. (2015). *El Estado y el trabajo científico en el proceso de desarrollo*. México, D.F.: UAZ/Editorial Itaca.
- _____ (2012). Emergent Vulnerability in Attracting Foreign Direct Investment in Latin America: The Case of Mexico. *Perspectives on Global Development and Technology*, 11 (3), pp. 374-385. DOI: <https://doi.org/10.1163/156914912X651541>
- Figuroa S., V. M. (2014). *Colonialismo industrial en América Latina. La tercera etapa*. México, D.F.: UAZ/ Editorial Itaca.
- _____ (1986). *Reinterpretando el subdesarrollo. Trabajo general y fuerza productiva en América Latina*. México, D. F.: Siglo XXI Editores.
- Freeman, C. (1987). *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. Londres y Nueva York: Pinter Publishers.
- Frey, C. B. y Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting & Social Change*, 114, pp. 254-280. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P., & Trow, M. (1994). *The New Production of Knowledge. The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*. London, Thousand Oaks, New Delhi: Sage Publications.

- Hardt, M. y Nengri, A. (2004). *Multitud. Guerra y democracia en la era del imperio*. Barcelona: Random House Mondadori.
- International Federation of Robotics (IFR) (2019). *Executive Summary World Robotics 2019 Industrial Robots*. Fráncfort del Melo: IFR. Recuperado el 1 de noviembre de 2019 en: <https://ifr.org/downloads/press2018/Executive%20Summary%20WR%202019%20Industrial%20Robots.pdf>.
- _____. (2018). *Executive Summary World Robotics 2018 Industrial Robots*. Fráncfort del Melo: IFR. Recuperado el 27 de agosto de 2019 en: [https://ifr.org/downloads/press2018/Executive Summary WR 2018 Industrial Robots.pdf](https://ifr.org/downloads/press2018/Executive%20Summary%20WR%202018%20Industrial%20Robots.pdf).
- Lundvall, B-Å. (1985). Product Innovation and User-Producer Interaction. *Industrial Development Research Series* (31). Aalborg: Aalborg University Press.
- MinHwa, L., JinHyo, J., Andreas, P., DongKyu, W., Fumio, K., Giovanni, S., HangSik, P., Jeonghwan, J., KyungBae, P., KwangHo, J., Min-Ren, Y., SamYoul, L. & Xiaofei, Z. (2018). How to Respond to the Fourth Industrial Revolution, or the Second Information Technology Revolution? Dynamic New Combinations between Technology, Market, and Society through Open Innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 4(21), 1-24.
- Paraná, E. y Salles, M. F. (2018). Programmed life: The Overlapping Human-machine and the Ideology of Technique in Contemporary Capitalism. En Quaresma, A. (coord.) *Artificial Intelligences, Essays on inorganic and non-biological systems*. Madrid: Ed. Global Knowledge Academics. Pp. 111-126.
- Perasso, V. (2016). Qué es la cuarta revolución industrial (y por qué debería preocuparnos). *BBC Mundo*. Recuperado el 30 de junio de 2019 en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-37631834>.
- Pereira, A.C. & Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, pp. 1206-1214. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.032>
- Plastics Technology (24 de junio de 2019). Menor demanda de Robots Industriales en México. *Portal web-sección Noticias*. Ciudad de México: PT. Recuperado el 12 de noviembre de 2019 en: [<https://www.pt-mexico.com/noticias/post/menor-demanda-de-robots-industriales-en-mexico\(2\)>](https://www.pt-mexico.com/noticias/post/menor-demanda-de-robots-industriales-en-mexico(2))
- Redacción Opportimes (11 de octubre de 2019). México importa US\$89 millones de robots industriales. *Opportimes-sección Revolución 4.0*. Ciudad de México. Recuperado el 13 de noviembre de 2019 en: <https://www.opportimes.com/mexico-importa-us-89-millones-de-robots-industriales/>
- _____. (28 de julio de 2017). México es el cuarto importador de robots industriales en el mundo. *Opportimes-sección Revolución 4.0*. Ciudad de México. Recuperado el 13 de noviembre de 2019 en: <https://www.opportimes.com/mexico-cuatro-importador-robots-industriales-del-mundo/>
- Rivera R., M. Á. (2005). *Capitalismo informático, cambio tecnológico y desarrollo nacional*. México, D.F.: Juan Pablos Editor/Universidad de Guadalajara/Universidad Nacional Autónoma de México/UCLA Program on Mexico.
- Robinson, W. I. (22 de noviembre de 2017). Capitalismo digital y estado policiaco global. *Rebelión*. Recuperado el 2 de agosto de 2019 en: <http://www.rebellion.org/noticia.php?id=234385>.

- Schroeder, W. (2016). *La estrategia alemana Industria 4.0: el capitalismo renano en la era de la digitalización*. Madrid: Friedrich Ebert Stiftung. Recuperado el 13 de septiembre de 2019 en: <http://fes-madrid.org/media/2017_FESpublicaciones/FES_Industria_4.0.pdf>.
- Schwab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*. Ciudad de México: Debate.
- The Economist Intelligence Unit (2018). *Índice de Preparación para la Automatización. ¿Quién está listo para la inminente ola de automatización?* Londres: The Economist Intelligence Unit Limited. Recuperado el 21 de noviembre de 2019 en: <https://resources.news.e.abb.com/attachments/published/7072/es-ES/428202A1C570/Informe_Automation_Readiness_Espanol.pdf>.
- Torrent i S., J. (2002). De la nueva economía a la economía del conocimiento. Hacia la tercera revolución industrial. *Revista de Economía Mundial* (7), pp. 39-68.
- Vercellone, C. (2007). From Formal Subsumption to General Intellect: Elements for a Marxist Reading of the Thesis of Cognitive Capitalism. *Historical Materialism* 15 (1), pp. 13-36. DOI: <https://doi.org/10.1163/156920607X171681>
- Weller, J., Gontero, S. y Campbell, S. (2019). Cambio tecnológico y empleo: una perspectiva latinoamericana. Riesgos de la sustitución tecnológica del trabajo humano y desafíos de la generación de nuevos puestos de trabajo. *Serie Macroeconomía del Desarrollo No. 201*. Santiago de Chile: CEPAL.
- World Economic Forum (WEF) (2018). *The Future of Jobs Report 2018*. Cologny: WEF. Recuperado el 4 de julio de 2019 en: <<https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018>>.
- _____. (2016). *The Future of Jobs Report 2016*. Cologny: WEF. Recuperado el 8 de octubre de 2019 en: <http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf>