



CIECTI

Centro Interdisciplinario
de Estudios en Ciencia,
Tecnología e Innovación

DT
15.1

CAMBIO TECNOLÓGICO Y EMPLEO: APORTES CONCEPTUALES Y EVIDENCIA FRENTE A LA DINÁMICA EN CURSO

Sonia Roitter



INTAL

Serie

EL FUTURO
DEL TRABAJO

Serie

**EL FUTURO
DEL TRABAJO**

CAMBIO TECNOLÓGICO Y EMPLEO: APORTES CONCEPTUALES Y EVIDENCIA FRENTE A LA DINÁMICA EN CURSO

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 15.1

Sonia Roitter

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS EN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN





CIECTI

Centro Interdisciplinario
de Estudios en Ciencia,
Tecnología e Innovación

Roitter, Sonia

Cambio tecnológico y empleo: aportes conceptuales y evidencia frente a la dinámica en curso /
Sonia Roitter. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : CIECTI, 2019.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-4193-30-8

1. Cambio Tecnológico. 2. Empleo. 3. Teoría Económica. I. Título.
CDD 607

La investigación que dio base a este estudio finalizó en marzo de 2018 y contó con el apoyo financiero de la oficina de la Organización Internacional del Trabajo en la Argentina.

© 2019 CIECTI

Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723.

Se autoriza la reproducción total o parcial de esta obra, para fines educativos u otros fines no comerciales, siempre que se cite la fuente.

Godoy Cruz 2390 - PB (C1425FQD), CABA

(54-11) 4899-5500, int. 5684

www.ciecti.org.ar / info@ciecti.org.ar

Seguinos en  @ciecti

Buscanos en  /ciecti

AUTORIDADES

Presidente

Gustavo Lugones

Directora general

Ruth Ladenheim

EQUIPO EDITORIAL

Coordinación editorial

Fernando Porta

Apoyo a la coordinación

Celeste De Marco

Coordinación de la serie

Miguel Lengyel

Equipo de investigación

Sonia Roitter

Edición

Mara Sessa

Diseño editorial

Lea Ágreda

SIGLAS

BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CGV	cadenas globales de valor
DOT	<i>Dictionary of Occupational Titles</i>
I+D	investigación y desarrollo
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OIT	Organización Internacional del Trabajo
PIAAC	<i>Programme for the International Assessment of Adult Competencies</i>
PPI	plataformas productivas innovadoras
TIC	tecnologías de la información y la comunicación

ÍNDICE

Prefacio	6
Resumen	8
Resumo	9
Abstract	11
Introducción	13
Cambios tecnológicos: desde la mecanización a las plataformas productivas innovadoras	17
Características principales de los procesos de cambio tecnológico recientes	21
Principales implicancias de los procesos de cambio tecnológico recientes sobre la producción y circulación de conocimientos	25
Análisis de la relación entre cambio tecnológico y empleo	29
Aportes desde la teoría económica	29
Análisis de la importancia de las especificidades sectoriales y los contextos productivos	34
Discusiones conceptuales recientes	38
Evidencia empírica sobre la relación entre cambio tecnológico y empleo	58
Metodologías utilizadas para la aproximación empírica	58
Principales resultados de los estudios empíricos a nivel internacional	64
A modo de conclusión: la necesidad de nuevos aportes	71
Anexo	75
Bibliografía	87

Prefacio

Pocos temas suscitan hoy tanta controversia conceptual y empírica, con resultados inconclusos y hasta antagónicos, como el del impacto de las nuevas tecnologías, especialmente las digitales, sobre la dinámica de destrucción-creación de empleo que prevalecerá en los próximos años –particularmente en un contexto en que el cambio tecnológico se acelera casi exponencialmente–. No menor es el impacto de este *impasse* para la definición de políticas públicas que busquen incidir de manera positiva en la definición de esta dinámica.

Se trata de una polémica que no es nueva. En efecto, una mirada retrospectiva de largo plazo enseña que en determinados momentos de cambios tecnológicos significativos es posible identificar puestos de trabajo u ocupaciones que dejaron de existir: desde el aguatero hace un par de siglos hasta tareas de oficina estandarizadas, hoy “automatizadas”. Sin embargo, este debate ha recuperado en los últimos años su vigencia ante el avance de las nuevas tecnologías, en especial las digitales –y su expresión más impactante, la inteligencia artificial– en la economía y otras dimensiones del quehacer humano, y ante la incertidumbre sobre sus efectos en la dinámica laboral. Concretamente, ¿tiene la acelerada expansión de esta tecnología, en sus diferentes expresiones, a la destrucción de puestos de trabajo o genera en paralelo nuevas oportunidades de empleo? ¿Redefine de forma drástica y categórica la naturaleza del trabajo, requiriendo una amplia gama de nuevos saberes y habilidades?

Para hacer la cuestión aun más compleja, la información sectorial disponible reviste poca significación en un marco de alta heterogeneidad de procesos y resultados al interior de un mismo espacio sectorial, y cuando la dinámica de producción de bienes y servicios –como la generación de los conocimientos requeridos para impulsarla– se articula crecientemente en torno a distintas estructuras en red (ej., redes de creación de valor, plataformas productivas innovadoras, etc.) que atraviesan los confines sectoriales de manera creciente. De hecho, la noción de “innovación abierta” refleja precisamente esta tendencia. Se trata en general de una transversalidad virtuosa, ya que las modalidades de articulación en red permiten integrar saberes, coproducir conocimientos y avanzar en la generación de nuevas capacidades individuales y colectivas.

Algunos aspectos conceptuales y empíricos de esta problemática se desarrollan aquí a través de cuatro estudios que dan lugar a sendos documentos que integran una serie particular. Por una parte, se ha realizado un exhaustivo análisis de los distintos enfoques o posiciones en debate y, por otra, se han elaborado tres estudios de caso en profundidad que revisan las experiencias de difusión de las tecnologías digitales en el complejo agroindustrial en la Argentina, en el de biodiesel en Brasil y en el de carne bovina en Uruguay, y su respectivo impacto en el proceso de creación-destrucción de empleo.

A este efecto, se ha adoptado el enfoque de plataformas productivas innovadoras (PPI),¹ como perspectiva específica de abordaje de la problemática, para evitar las limitaciones propias de una mirada centrada principalmente en el trabajador individual –en tanto agente a cargo de un conjunto de tareas que involucra una dotación particular de saberes y habilidades–. La decisión de focalizar los estudios aplicados en actividades basadas en recursos naturales se fundamenta en el hecho de que en los tres países del Cono Sur la producción intensiva en recursos naturales ocupa una posición muy relevante en sus matrices productivas y, a la vez, se perciben como vectores centrales de las agendas de desarrollo nacional de largo plazo, en la medida en que estas actividades están transitando procesos acelerados de incorporación de nuevas tecnologías, en particular las digitales.

En el presente documento se discuten las consideraciones más importantes desde el punto de vista teórico-conceptual, metodológico y empírico que surgen del estudio marco de este proyecto respecto de las principales contribuciones sobre la relación entre las tecnologías digitales y la destrucción-creación de empleo. Se presta particular atención a si el proceso en curso de cambio de modelo tecnoproductivo reviste una naturaleza diferente de los procesos previos en la materia y si serían necesarios nuevos enfoques para capturar adecuadamente las complejidades y matices de la relación nuevas tecnologías-empleo. Esta serie se continúa con la publicación de los tres estudios de caso nacionales, en los que se analizan las particularidades de los procesos de cambio tecnológico a nivel sectorial y se discuten las principales tendencias en materia de empleo y requerimiento de nuevas competencias y habilidades, y con la edición de las principales reflexiones que surgen de los estudios de caso para fortalecer la comprensión de las implicancias de las nuevas tecnologías digitales en el empleo y el trabajo.

¹ Véanse Gawer, Annabelle y Michael A. Cusumano (2013), "Industry platforms and ecosystem innovation", *Journal of Product Innovation Management*, vol. 31, N° 3, pp. 417-433; Schut, Mark et al. (2016), "Innovation platforms: experiences with their institutional embedding in agricultural research for development", *Experimental Agriculture*, vol. 52, N° 4, pp. 537-561.

Palabras clave

*nuevas tecnologías
el futuro del trabajo
enfoques y metodologías
plataformas productivas innovadoras
nuevas ocupaciones y calificaciones*

RESUMEN

Con este documento se propone contribuir al análisis de la relación existente entre cambio tecnológico y empleo en el actual contexto de acelerada —y frecuentemente incierta— transformación y penetración de nuevas tecnologías, considerando asimismo las potenciales tendencias de mediano plazo en la materia. En particular, se identifican las distintas etapas del proceso de cambio tecnológico a partir de sus principales *drivers* y se pone particular énfasis en los rasgos que definen ese proceso desde fines del siglo pasado. Se realiza una revisión pormenorizada de los principales debates sobre la relación estudiada, valorando los diversos enfoques emergentes a partir de las consecuencias actuales y prospectivas de las nuevas tecnologías —especialmente de carácter digital— en curso de implementación. Se revisa además la evidencia sobre la relación entre cambio tecnológico y empleo, tomando en cuenta los aspectos metodológicos y el alcance de los resultados de los estudios empíricos a nivel internacional. Finalmente, a la luz de la revisión previa, se plantea la necesidad de nuevos abordajes conceptuales y metodológicos para capturar de forma más integral la relación entre las nuevas tecnologías y el empleo.

Entre las principales conclusiones de este documento se destaca que el paradigma tecnoeconómico vigente se distingue por la importancia que adquiere el conocimiento como factor productivo, por la velocidad de los procesos innovativos y la reconfiguración de las estructuras de organización de la producción tradicionales que inciden tanto en la dinámica de producción de conocimientos y generación de capacidades, como en las posibilidades de generar empleo en la cantidad necesaria para ocupar a la población. Asimismo, de la revisión de una significativa cantidad de trabajos que desde distintas perspectivas teóricas y pertenencias institucionales aplican metodologías diversas, surge que tenderían a predominar los efectos negativos de la automatización y la computarización tanto sobre el empleo como sobre otros aspectos que se asocian con el tipo de tareas realizadas, los niveles de calificaciones requeridos, las formas de organización productiva y las lógicas de distribución de ganancias de productividad. Pese a que el recorrido realizado en la comprensión de esta relación es extenso, tres elementos centrales se conjugaron para argumentar en favor de la necesidad de nuevos trabajos: la especificidad de los

cambios tecnológicos recientes; las particularidades de las estructuras productivas de los países de América Latina en general y la generación e incorporación de tecnología en particular; y la existencia de inercias institucionales que retrasan no solo la difusión de tecnología sino principalmente la distribución equitativa de los beneficios asociados con la tecnología. Todo esto hace que, a pesar de la evidencia existente, la comprensión acabada de la medida en la que el cambio tecnológico resuelve o acentúa problemas de empleo en la región requiera estudios en profundidad. A su vez, la transversalidad de los cambios tecnológicos es uno de los principales elementos que pone en cuestión la utilidad de los abordajes tradicionales del impacto de los cambios tecnológicos sobre el empleo. Esta misma transversalidad, pero aplicada a los procesos de generación de conocimientos que contribuyen a la construcción de ventajas competitivas, torna particularmente relevante el análisis de esta relación en el marco de estructuras de red que permitan integrar saberes, producir conocimientos conjuntos y avanzar en la generación de nuevas capacidades individuales y colectivas.

RESUMO

Com este documento, propõe-se contribuir para a análise da relação entre mudança tecnológica e emprego no contexto atual de acelerada e incerta transformação e penetração de novas tecnologias, considerando também as potenciais tendências de médio prazo na matéria. Em particular, os diferentes estágios do processo de mudança tecnológica são identificados a partir de seus principais *drivers*, com particular ênfase nas características que definem esse processo desde o final do século passado. Uma revisão detalhada dos principais debates sobre a relação estudada é realizada, avaliando as várias abordagens emergentes com base nas conseqüências atuais e futuras das novas tecnologias —especialmente digitais— no processo de implementação; revisar as evidências sobre a relação entre mudança tecnológica e emprego, levando em conta os aspectos metodológicos e o alcance dos resultados de estudos empíricos em nível internacional e, finalmente, à luz da revisão anterior, para propor às necessidades das novas abordagens, conceitos e metodologias para captar mais abilientemente a relação novas tecnologias-emprego.

Palavras-chave

*novas tecnologias
o futuro do trabalho
abordagens e metodologias
plataformas produtivas inovadoras
novas ocupações e qualificações*

Entre as principais conclusões deste documento, destaca-se que o paradigma tecnoeconômico predominante se destaca pela importância adquirida pelo conhecimento como fator produtivo, a velocidade dos processos inovativos e a reconfiguração das estruturas tradicionais de organização da produção que afetam tanto na dinâmica de produção de conhecimento e capacitação, como nas possibilidades de geração de emprego na quantidade necessária para ocupar a população. Da mesma forma, a partir da revisão de uma importante quantidade de trabalhos de diferentes perspectivas teóricas e pertencimentos institucionais que aplicam diferentes metodologias, parece que tenderiam a predominar os efeitos negativos da automação e informatização tanto no emprego quanto em outros aspectos que estão associados ao tipo de tarefas desempenhadas, os níveis de qualificação exigidos, as formas de organização produtiva e as lógicas de distribuição dos ganhos de produtividade. Embora a distância percorrida em compreender esta relação é extensa, três elementos centrais combinam-se para defender a necessidade de novos estudos. Estes são: a especificidade das recentes mudanças tecnológicas; as particularidades das estruturas produtivas dos países latino-americanos em geral e no que diz respeito à geração e incorporação de tecnologia em particular; e a existência de inércias institucionais que atrasam não apenas a difusão da tecnologia, mas principalmente na distribuição equitativa dos benefícios associados à tecnologia. Tudo isso faz com que, apesar das evidências existentes, a compreensão final de até que ponto a mudança tecnológica resolve ou acentua os problemas de emprego na região requer estudos aprofundados. Por sua vez, a transversalidade das mudanças tecnológicas é um dos principais elementos que questionam a utilidade das abordagens tradicionais para o impacto das mudanças tecnológicas no emprego. Essa mesma transversalidade, mas aplicada aos processos de geração de conhecimento que contribuem para a construção de vantagens competitivas, torna a análise dessa relação particularmente relevante dentro do arcabouço das estruturas de rede que permitem a integração do conhecimento, a produção de conhecimento conjunto e o avanço na geração de conhecimento de novas capacidades individuais e coletivas.

ABSTRACT

The main goal of this report is to contribute to the analysis of the relationship between technological change and employment in the current context of transformation and penetration of new technologies. The report presents the different stages of the technological change process and their main drivers, with particular emphasis on the features that define this process since the end of the last century. In addition, it carries out a detailed literature review that covers the main debates about the studied relationship at the international and local levels. This review discusses various perspectives on the effects that the implementation of new technologies will have on the employment of the future and identifies geographical and sectoral differences and similarities with previous processes of technological change.

A main conclusion of the report is that the current techno-economic paradigm exhibits a set of features, such as the centrality of knowledge as a factor of production, the speed of innovation processes and the reconfiguration of traditional production structures, which affect the dynamics of knowledge production and the way capacity is built as well as the possibility of achieving full employment. From the review of a broad body of evidence based on various theoretical perspectives and methodological approaches, the report also concludes that we should expect the negative effects of automation and computerization on levels of employment and on other aspects of the employment relation (kind of tasks performed, levels of qualifications required, distribution of productivity gains) to prevail. Finally, the report points out two reasons why additional research on the topic is required. These are the unique characteristics of recent technological change and the need for a deeper understanding of the institutional inertias that delay not only the diffusion of technology but also the equitable distribution of the benefits associated with it. For these reasons, in-depth studies relying on more comprehensive methodological strategies (including both quantitative and qualitative approaches) should be conducted to obtain a better understanding of the extent to which technological change resolves or accentuates employment problems. In addition, the transversal nature of the technological changes associated to the current techno-economic paradigm leads to question the usefulness of traditional approaches for the study of the impact of

Keywords

new technologies
the future of work
approaches and methodologies
innovative production platforms
new occupations and qualifications

technological change on employment. The nature of technological change further suggests that the production of knowledge aimed at generating competitive advantages would benefit from analyses of the relationship between technological change and employment carried out in the context of network structures that allow to integrate different lines of research, support the joint production of knowledge, and promote the generation of new individual and collective capacities.

Introducción²

Históricamente, la emergencia de nuevas tecnologías ha generado importantes interrogantes tanto en los espacios de investigación académica como entre los formuladores de políticas públicas. Algunas de las principales discusiones en este sentido se han concentrado en el impacto que ocasiona el cambio tecnológico sobre el crecimiento económico, la productividad y el empleo; esta última variable es de particular interés dada la incidencia que tiene su evolución sobre las posibilidades de garantizar a la población mayores niveles de inclusión y de calidad de vida.

Estas cuestiones han sido abordadas desde distintas perspectivas conceptuales y teóricas, muchas de las cuales han ido generando nuevos aportes en virtud de las particularidades de los momentos históricos y del nivel de radicalidad de los cambios acontecidos. Una conclusión que se deriva de una revisión minuciosa de estas aproximaciones es que la relación entre cambio tecnológico y empleo—considerada directamente o mediada por el efecto de la tecnología sobre el crecimiento y la productividad—no es lineal ni secuencial, no es única y tampoco homogénea entre distintas empresas, sectores y países. En efecto, y de manera similar a lo que sucede con los procesos de desarrollo, esta relación no puede encararse a partir de la identificación de dinámicas nacionales “virtuosas” pasibles de ser reproducidas mediante la réplica de características estructurales, de determinados comportamientos microeconómicos o de la implementación de políticas públicas específicas.

La relevancia de estos elementos es aun mayor en el actual contexto tecnológico y productivo. La velocidad del cambio y la aparición de tecnologías transversales que inciden de manera más general sobre el desarrollo de las actividades económicas ponen en evidencia factores soslayados en momentos históricos precedentes e incluso obligan a una nueva reconsideración de los principales ejes del debate. Así, los procesos de explicitación y codificación del conocimiento, la dinámica de aprendizaje, la organización y división del trabajo, la diferenciación entre tareas y ocupaciones, el carácter físico o cognitivo del trabajo, el perfil rutinario/no rutinario y general o específico de las tareas, entre otros elementos, aparecen de manera recurrente en los intercambios asociados con la relación entre tecnología y empleo en el contexto del actual paradigma tecnoeconómico.

² Agradezco la colaboración de Analía Erbes, Marcelo Delfini y Martín Rodríguez Miglio en la elaboración de este informe.

De tal modo, el actual proceso de transformaciones —con una fuerte presencia de las tecnologías de origen digital— pone de nuevo en debate tanto la naturaleza de esos cambios como su dirección, al mismo tiempo que abre nuevos interrogantes sobre las modificaciones —mayores o menores— que es posible que se desarrollen en el mercado laboral, tanto en torno a la generación-destrucción de puestos de trabajo como sobre su calidad. En estos análisis subyace también la discusión sobre la forma en la que se distribuyen las ganancias que se derivan del uso intensivo de las nuevas tecnologías. Por lo tanto, lo que estaría en debate en la actualidad es hasta dónde llegará el cambio tecnológico, cuáles son los empleos que podrán ser reemplazados, qué nuevos puestos de trabajo se irán generando, cuál será el efecto neto de la dinámica destrucción-creación de empleo, tanto en el corto como en el largo plazo, y qué nuevas configuraciones y reconfiguraciones de competencias demandarán los cambios tecnológicos en curso.

A lo anterior se suma también la desigual generación y penetración del cambio tecnológico entre los países y entre sectores al interior de un país, lo cual genera, en términos estructurales, una difusión desigual tanto de los procesos tecnológicos como del impacto sobre el crecimiento, la productividad y el empleo. Así, el desarrollo y la incorporación de tecnología se transforman en dinámicas contexto-específicas, y se anulan por tanto las posibilidades de una extrapolación automática de estrategias y políticas aplicadas anteriormente.³

En este marco general, el presente documento se propone contribuir al análisis de la relación existente entre cambio tecnológico y empleo en el actual contexto de acelerada —y frecuentemente incierta— transformación y penetración de nuevas tecnologías, considerando asimismo las potenciales tendencias de mediano plazo en la materia. En particular, el trabajo tiene como objetivos específicos:

- › Identificar las distintas etapas del proceso de cambio tecnológico a partir de sus principales *drivers*, poniendo particular énfasis en los rasgos que definen ese proceso desde fines del siglo pasado.
- › Realizar una revisión pormenorizada de los principales debates sobre la relación entre cambio tecnológico y empleo, valorando los diversos enfoques emergentes a partir de las consecuencias actuales y prospectivas de las nuevas tecnologías —especialmente de carácter digital— en curso de implementación.

³ Una buena síntesis de este debate se encuentra en la revista *Noticias* en un reportaje al director del Instituto para la Integración de América Latina y el Caribe (INTAL), Gustavo Beliz: “Qué pasará con el empleo en la era de los robots”, 12 de enero de 2017, Buenos Aires. También un interesante aporte a rasgos centrales del nuevo contexto desde la perspectiva latinoamericana se encuentra en Salazar-Xirinachs (2017).

- › Revisar la evidencia sobre la relación entre cambio tecnológico y empleo, tomando en cuenta los aspectos metodológicos y el alcance de los resultados de los estudios empíricos a nivel internacional.
- › A la luz de la revisión previa, plantear la necesidad de nuevos abordajes conceptuales y metodológicos para capturar de forma más integral la relación nuevas tecnologías-empleo.

Los conceptos de tecnología y empleo se entienden en este documento en un sentido amplio. Por un lado, la idea de tecnología que se sostiene no solamente incluye el desarrollo e incorporación de maquinarias o equipos, sino que involucra también combinaciones de factores orientadas a obtener un resultado específico. Esta perspectiva hace posible que la reorganización de los procesos de trabajo, de los modos de producción y de las formas de comercialización, por ejemplo, sean también considerados vectores en el cambio tecnológico. En términos de Dosi (1982), y en alusión a la idea de paradigma tecnológico introducida por este autor, el cambio tecnológico supone cambios en la trayectoria tecnológica o en el paradigma tecnológico, pero en cualquiera de estos dos casos siempre se considera la existencia de complementariedades que son las que hacen posible la transformación. Esta necesidad de complementariedad para la emergencia de un nuevo paradigma hace que sea imposible pensar cualquier proceso de cambio tecnológico, y más aún el actual, donde lo cognitivo juega un rol central, como el reemplazo de un set de maquinarias por otro.

Por otro lado, en lo que respecta a la idea de empleo, el principal efecto que interesa analizar es el que refiere a la relación salarial. Esto no implica desconocer que los cambios tecnológicos tienen también importantes efectos sobre otras formas de trabajo—incluso no remuneradas—sino que, por el contrario, privilegia el análisis sobre las posibilidades de seguir manteniendo al trabajo asalariado con las características que lo describen actualmente como el principal generador de ingresos laborales ante el contexto más reciente de incorporación de nuevas tecnologías.

Como se mencionó anteriormente, la relación entre cambio tecnológico y empleo ha suscitado numerosos interrogantes. Sin embargo, a los fines de los objetivos propuestos en este trabajo, interesa recuperar y abordar los siguientes:

- › ¿Cuáles son las tecnologías dominantes en el marco del actual paradigma tecnoeconómico?
- › ¿Qué relación existe entre la incorporación y generación de esas tecnologías y la creación, destrucción y calidad del empleo? ¿Existen diferencias en términos de impacto dadas por los procesos de generación o difusión de tecnología?
- › ¿Cómo se relaciona el impacto en el plano microeconómico con el efecto sobre el mercado de trabajo a nivel agregado? ¿Qué ocupaciones o tareas se verán más afectadas por las nuevas tecnologías? ¿Qué nuevos trabajos se irán desarrollando en el marco de esta fase del paradigma?
- › ¿Cuáles son las principales respuestas que existen en torno a esta relación desde la teoría económica? ¿Qué ejes articuladores del debate pueden identificarse?
- › ¿Existen especificidades sectoriales y nacionales/regionales en torno al abordaje del vínculo entre cambio tecnológico y empleo? ¿Cómo se complementan o articulan en el marco de esta relación los planos geográfico y sectorial? ¿Cuáles son las posiciones sostenidas por distintos actores institucionales nacionales y multilaterales en relación con los debates surgidos a partir de la problematización de este vínculo?
- › ¿Cuáles son las diferencias o similitudes que se observan en torno a procesos anteriores de cambio tecnológico?
- › ¿Qué evidencia empírica existe con respecto a los resultados de esta relación a nivel internacional y regional/nacional?
- › ¿Es necesario renovar el abordaje conceptual sobre el vínculo nuevas tecnologías-empleo frente a las particularidades del proceso de cambio tecnológico actual?

El trabajo se estructura de la siguiente manera. La primera sección sintetiza algunos elementos conceptuales en torno a la idea de paradigmas tecnoeconómicos que permiten encarar las características principales de la actual etapa del progreso tecnológico. La segunda sección discute el impacto del proceso de cambio tecnológico sobre el empleo y los componentes centrales del trabajo, estimando los principales aportes realizados por la teoría económica para dar cuenta de esta relación, al mismo tiempo que recoge las posiciones de distintos actores y detalla las especificidades asociadas a diversos contextos geográficos y sectoriales. La tercera sección analiza la evidencia empírica existente a nivel internacional y regional, considerando el efecto diferencial del cambio tecnológico

sobre las posibilidades de automatización de distintas tareas u ocupaciones. Finalmente, la cuarta sección presenta las principales conclusiones y algunas preguntas centrales para dar cuenta de las especificidades de la relación entre cambio tecnológico y empleo en contextos productivos particulares, y la pertinencia de nuevos abordajes conceptuales.

Cambios tecnológicos: desde la mecanización a las plataformas productivas innovadoras

La evolución de la tecnología a través del tiempo se ha analizado a partir de la idea de revoluciones tecnológicas que implican modificaciones radicales en las formas de producción y comercialización, así como también en las demandas de consumo asociadas a nuevos patrones productivos. Una de las principales herramientas utilizadas para dar cuenta de estas revoluciones es el concepto de paradigma tecnológico, acuñado por Dosi (1982) y retomado por distintos autores evolucionistas y neoschumpeterianos para explicar la dinámica de transformación tecnológica y su impacto sobre distintas variables económicas en los niveles micro-meso y macroeconómico.

Para desarrollar la idea de paradigma tecnológico, Dosi (1982) parte de una conceptualización de la tecnología que excede al capital físico (dispositivos y equipamiento): lo incluye pero abarca también al conjunto de conocimientos prácticos y teóricos, *know-how*, procedimientos y experiencias de éxito y fracaso que hacen a cualquier dinámica productiva (Dosi, 1982: 151-152). Así, un paradigma tecnológico es “[...] un modelo y un patrón de solución de problemas tecnológicos seleccionados, que se basa en una selección de principios derivados de las ciencias naturales y de las tecnologías en materiales” (Dosi, 1982: 152; traducción propia). La identificación de un paradigma implica considerar un conjunto específico de elementos que lo caracterizan, entre los que se encuentran el conocimiento genérico sobre el que se desarrolla; las tareas y los productos específicos sobre los cuales es aplicable ese conocimiento; los recursos, materiales e insumos clave que se utilizan en los procesos productivos; las propiedades y los procesos físicos y químicos que es posible

explotar a partir de los conocimientos y recursos anteriores; y dimensiones tecnológicas y económicas vinculadas con los elementos anteriores. En la interacción entre estos elementos es que se configuran las especificidades de cada paradigma.

Como consecuencia de lo anterior, el cambio tecnológico es un proceso en el que intervienen diferentes elementos más o menos vinculados con la producción de tecnología y en el que la tracción de la demanda y el empuje de la oferta para la generación de nuevos conocimientos tecnológicos desempeñan un rol central ante la aparición constante de nuevos problemas. Cuando el paradigma dominante es capaz de responder a esos desafíos, se generan soluciones en el marco del mismo paradigma que se traducen en nuevos productos y nuevas formas de producción, organización y comercialización sustentados sobre la base del conocimiento preexistente. Por el contrario, la ausencia de respuestas ante la aparición de interrogantes –provenientes tanto de la oferta como de la demanda– genera las condiciones de partida para un cambio de paradigma. En este marco, la ciencia genera el conocimiento científico y tecnológico que da lugar a los cambios radicales en las dinámicas productivas, y la demanda –fundamentalmente a través del mercado– selecciona los métodos y los procesos entre las nuevas alternativas existentes, al mismo tiempo que propone –impone– modificaciones incrementales sobre los productos y las dinámicas generadas. En consecuencia, el progreso tecnológico se vincula con la emergencia de un nuevo paradigma que cuestiona los recursos clave y los métodos dominantes; por ende, la selección de este nuevo patrón o modelo genera un importante efecto exclusión en tanto que existe una focalización sobre tecnologías y desarrollos específicos.

Si bien se destaca la necesidad de considerar factores económicos, institucionales y sociales (Dosi, 1982: 155), el énfasis en las cuestiones tecnológicas ha sustentado una crítica asociada con procesos de crecimiento determinados tecnológicamente. Así, otros abordajes, que destacan la relevancia que adquieren las dimensiones anteriores para explicar la dinámica de cambio tecnológico, han desarrollado nuevas contribuciones. Se subraya entre estos el concepto de paradigma tecnoeconómico (Freeman y Pérez, 1988; Pérez, 2002 y 2008), que sostiene que las transformaciones tecnológicas que redundan en un cambio del paradigma dominante generan consecuencias sobre diferentes actividades productivas y crisis estructurales que requieren también modificaciones en los sistemas social e institucional.

De esta manera, con la aparición de un nuevo paradigma tecnoeconómico tienen lugar diferentes transformaciones en el sistema económico en general, y en la dinámica productiva en particular, que se cristalizan en nuevas mejores prácticas de organización a nivel de firma, nuevas habilidades requeridas a los trabajadores, un nuevo *mix* de productos, una nueva dinámica de aparición de innovaciones asociadas con el factor tecnológico clave, la necesidad de nueva infraestructura, la emergencia de emprendedores en pequeñas firmas que difunden el nuevo patrón productivo al resto del sistema, la tendencia hacia la concentración de las grandes empresas y un nuevo patrón de consumo (Freeman y Pérez, 1988).

La historia de los grandes cambios tecnológicos puede resumirse en la sucesión de cinco ondas que implican transformaciones en los paradigmas tecnoeconómicos dominantes (Freeman y Pérez, 1988; Pérez 2008 y 2013). Cada una de estas ondas presenta características específicas en términos de patrones de producción, de recursos clave utilizados para producir bienes y servicios y también de relaciones sociales y construcciones institucionales que permiten el desarrollo de la actividad productiva en un momento histórico determinado.⁴ Entre estas cuestiones, los rasgos asociados con los recursos clave, los sectores dinámicos, las características de los procesos de producción de conocimiento y de generación y difusión de tecnología, y con las formas predominantes de organización de la producción son los más relevantes a los fines de este estudio. En el cuadro 1 se sintetizan los rasgos principales asociados con estas últimas cuestiones, según lo desarrollado por Freeman y Pérez (1988).

En particular, a partir del marco conceptual desarrollado por Freeman y Pérez (1988) y Freeman y Soete (1994), es posible identificar en las últimas etapas de cambio tecnológico —específicamente aquellas que tienen lugar a partir de la década de 1970— características distintivas de los nuevos paradigmas asociadas con: la centralidad del conocimiento en tanto factor productivo; las estructuras de competencia entre agentes basadas en la innovación; el mayor dinamismo de los procesos de innovación y de difusión de innovaciones; el nuevo *mix* de innovaciones asociado principalmente con tecnologías de propósito general; y estructuras organizativas basadas en red, inter e intraorganizaciones.

Si bien resulta evidente que las lógicas y los recursos productivos predominantes en la actualidad están fuertemente emparentados con los asociados a esta quinta onda de

⁴ La identificación de estas ondas tiene sus antecedentes en los distintos aportes de la teoría de los ciclos económicos. En particular, en la propuesta de Freeman y Pérez (1986) se destaca la incidencia de las contribuciones de Schumpeter (2002) y de Kondratieff (1922) al análisis de los ciclos. Kondratieff identifica tres ondas largas entre 1810 y 1920 que se extienden por aproximadamente cincuenta años y que presentan regularidades entre sí, no solo en términos de su duración sino también de otras características vinculadas con los factores que provocan su inicio y su culminación y la extensión de las etapas ascendentes y descendentes. Mientras que en este caso la definición se realiza fundamentalmente a partir de variables económicas, Schumpeter aporta al análisis anterior la dimensión tecnológica, en tanto asocia la emergencia de los ciclos a la aparición de cambios tecnológicos a partir de los cuales se generan racimos de innovaciones que se difunden al conjunto de la economía. Estas dinámicas provocan discontinuidades productivas y en ellas se reconocen también momentos de auge y crisis.

Cuadro 1 Rasgos más relevantes de las cinco ondas de cambio tecnológico identificadas por Freeman y Pérez [1988]

Onda	Período en el que se desarrolla	Recursos clave / sectores dinámicos	Producción de conocimiento / generación de tecnología	Organización de la producción
Primera onda: mecanización temprana	1770/1780-1830/1840	Algodón, hierro bruto, maquinaria, textiles, química	Aprender haciendo, usando, interactuando; transferencia de tecnología	Empesarios individuales y pequeñas empresas
Segunda onda: fuerza a vapor, ferrocarriles	1830/1840-1880/1890	Carbón, transporte, motores a vapor, acero, gas, electricidad, materiales sintéticos	Aprender haciendo, usando, interactuando; institucionalización del conocimiento	Pequeñas empresas y emergencia de las empresas grandes
Tercera onda: ingeniería eléctrica y pesada	1880/1890-1930/1940	Acero, maquinaria eléctrica, química pesada, barcos de acero	Departamentos de I+D internos; reclutamiento de científicos	Apogeo de gran empresa, cárteles, monopolios, oligopolios
Cuarta onda: producción en masa	1930/1940-1970/1980	Energía (petróleo), automóviles, transporte, petroquímica, materiales sintéticos, bienes durables	Expansión de los departamentos de I+D y de educación; licencias y acuerdos de inversión para transferencia tecnológica	Competencia oligopólica, corporaciones multinacionales con inversión extranjera directa
Quinta onda: información y comunicación	1970/1980-actualidad	Microelectrónica, TIC, tecnologías digitales, robótica, biotecnología servicios de información	Integración horizontal de I+D, diseño y producción	Redes de empresas, sistemas de producción, plataformas productivas

Fuente: Adaptado de Freeman y Pérez (1988).

cambio tecnológico, la velocidad y el dinamismo tecnológico que se han sostenido a lo largo de los últimos cincuenta años y la aparición de nuevos elementos y conocimientos han generado opiniones contrapuestas en relación con la vigencia actual del paradigma de la información y la comunicación. Por un lado, se encuentran autores como Pérez (2008 y 2013) que, si bien reconocen la emergencia de nuevos conocimientos y tecnologías, ubican su desarrollo en una etapa diferente pero dentro del mismo paradigma traccionado por la digitalización, los robots y las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), expresadas crecientemente a través del denominado “internet de las cosas”. Esta etapa requiere cambios estructurales y políticas transformadoras que los mercados

por sí mismos no pueden lograr, especialmente en un contexto de un gran potencial tecnológico y de nuevas oportunidades para la creación de empleo ante esta etapa de transición (Pérez, 2013).

Por otro lado, otros autores (Domínguez y García-Vallejo, 2009; Guzmán Chávez y Toledo Patiño, 2009) identifican entre los años ochenta y noventa una nueva revolución tecnológica que es el resultado del desarrollo de las nanociencias, de la biotecnología y la ingeniería genética, de las TIC y de las ciencias cognitivas en asociación con las neurociencias. La convergencia de todas estas tecnologías ha dado lugar, desde la perspectiva de estos autores, a la emergencia de un nuevo paradigma tecnoeconómico que modifica no solamente las condiciones de producción sino también la salud y la arquitectura social a nivel mundial.

Más allá de las diferencias planteadas por estas perspectivas, ambas coinciden en señalar que las TIC –y puntalmente el desarrollo de los microprocesadores– constituyen el punto de partida para ubicar la decadencia del paradigma de la producción en masa y la emergencia de una nueva etapa en la historia de los cambios tecnológicos, que presenta importantes singularidades con respecto a las observadas en los paradigmas tecnoeconómicos precedentes, tanto en el plano tecnológico-productivo como social e institucional. En este sentido, es posible sostener que, a partir de las TIC y de la centralidad del conocimiento como principal factor productivo, la dinámica de cambio tecnológico adquiere particularidades que requieren ser analizadas para comprender, entre otras cuestiones, los potenciales impactos sobre el crecimiento y el empleo.

Características principales de los procesos de cambio tecnológico recientes

Los procesos de cambio tecnológico recientes⁵ están traccionados por las TIC, las tecnologías digitales, la nanotecnología, la biotecnología e ingeniería genética y las ciencias cognitivas asociadas a las neurociencias. Cada una de estas plataformas constituye en sí misma un disparador para el progreso tecnológico, pero sin duda la mayor potencialidad radica precisamente en la interacción o convergencia entre ellas. Sobre esta base, el Foro

⁵ Dado que el énfasis del análisis propuesto en este documento está puesto en los impactos que tienen sobre el empleo los procesos de cambio tecnológico en general, y los más recientes en particular, no se asume una posición en torno a la existencia o no de una sexta revolución tecnológica. En este sentido, en lo que sigue se considera que los procesos de cambio tecnológico recientes involucran tanto a las TIC como a otras tecnologías con las que estas convergen, sin debatir sobre la disociación o no de paradigmas vinculados.

Económico Mundial (2016) señala que, si no lo son ya, en los próximos años los principales motores de cambio tecnológico serán: la internet móvil y tecnología en la nube, los avances en el poder de la computación y Big Data, las nuevas fuentes de energía renovable y de tecnologías, la internet de las cosas, las plataformas compartidas (*crowdsourcing*), la robótica avanzada y el transporte autónomo, la inteligencia artificial y el aprendizaje a través de máquinas, la manufactura avanzada y la impresión 3D, y el desarrollo de materiales avanzados y genómica.

En este contexto, el primer rasgo distintivo del paradigma tecnoeconómico en curso es la importancia del conocimiento como factor productivo —e incluso como bien a ser producido—. Esto no implica que en el desarrollo de los paradigmas tecnoeconómicos previos el conocimiento no haya desempeñado ningún rol, sino que en el actual adquiere una importancia tal que supera el efecto generado por cualquier otro recurso productivo (Metcalf, 2010). Como consecuencia de esto, el paradigma de la información y la comunicación puso en evidencia la necesidad de endogeneizar el conocimiento (Rullani, 1994) en el pensamiento económico al reconocer su carácter dinámico —se construye e incluso modifica en el mismo contexto de generación y utilización—, relacional —se genera colectivamente, a partir de la interacción— y en un contexto específico —sus características y posibilidades de producción varía de un territorio a otro e incluso de una empresa a otra—. A su vez, asumir que el conocimiento es un factor productivo implica también asignarle un valor de producción y de intercambio, y resulta ser un factor clave para interpretar la incertidumbre y la complejidad económica (Boscherini y Poma, 2000).

Esta centralidad del conocimiento define el segundo rasgo distintivo del actual paradigma que es una dinámica particular del proceso de competencia. A diferencia de lo que podía observarse en prácticamente cualquiera de los paradigmas tecnoeconómicos anteriores, donde el elemento competitivo clave eran los precios que reflejaban la existencia de economías de escala o el acceso a menores costos de los factores productivos, en el actual paradigma es la innovación lo que garantiza una posición diferencial y ventajosa en el mercado. La velocidad con la que los agentes económicos se adaptan a los cambios tecnológicos y los transforman en nuevos productos o formas de producir, e incluso la capacidad para producir respuestas creativas al contexto en el cual desarrollan su actividad —ser líderes en

lugar de seguidores en el proceso de innovación— (Antonelli, 2009), son los principales elementos que explican los diferenciales de precios—y de beneficios— en los bienes y servicios ofrecidos.

La necesidad de mantener un ritmo de innovaciones tal que sostenga —o incremente— el posicionamiento en el mercado se asocia con la tercera característica del actual paradigma, que es el desarrollo simultáneo de los procesos de innovación y la aceleración de la dinámica de cambios tecnológicos de distinta magnitud al interior de esta onda de cambio tecnológico. A su vez, esta intensificación del ritmo de innovación es posible a partir de las oportunidades que ofrecen las tecnologías digitales, tanto para el desarrollo de la actividad productiva—a través de las tecnologías avanzadas de producción—, como para el almacenamiento, procesamiento e intercambio de información. Estas tecnologías han aumentado la velocidad de comunicación mediante la ampliación de la frecuencia de transmisión de distintos tipos de mensajes y, por lo tanto, han favorecido la coordinación y el control de actividades, la integración de los mercados laborales y la colaboración en instancias clave del diseño, la producción y distribución de bienes y servicios (Mariotti, 2000). Para esto, resulta central el proceso de codificación de conocimientos, elemento que era menos relevante en los primeros paradigmas u ondas de cambio tecnológico en las que el desarrollo de innovaciones era menos sistemático. En estrecha relación con lo anterior, la digitalización también ha permitido el aumento de una flexibilidad que favorece la dinámica de adaptación a diferentes contextos de costos, demanda y condiciones de producción.

Parte de los procesos de innovación más relevantes en el marco del actual paradigma se desarrollan precisamente sobre las tecnologías que caracterizan a ese paradigma. Dado que estas tecnologías son genéricas (plataformas), es posible generar un *mix* de productos innovadores que recorren transversalmente a varios sectores y pueden ser aplicados a un amplio conjunto de actividades, lo cual constituye la cuarta característica del actual paradigma.

Finalmente, el quinto rasgo distintivo de este paradigma tecnoeconómico se relaciona con la importancia que adquiere la configuración de estructuras de red, no solo de producción sino también—y fundamentalmente— de conocimiento, lo cual se asocia con las características de los recursos productivos predominantes y con las actividades desarrolladas. La

integración entre la producción de bienes y servicios, y especialmente de conocimientos, da lugar a la emergencia de distintas formas de organización ancladas en el concepto de red, entre las que se destacan los *clusters*, las plataformas productivas innovadoras (PPI) y los ecosistemas productivos de alta tecnología. Mientras que la idea de *cluster* implica la articulación de conocimientos en el marco de un territorio específico (Huggins, 2008), las PPI exceden la dinámica territorial y pueden incluir a otros agentes que producen conocimientos por fuera del *cluster*. Al interior de las firmas también se desarrollan este tipo de estructuras a partir de la integración de distintas áreas o departamentos que buscan coordinar tanto la producción de bienes y servicios como de conocimientos y tecnologías, que contribuyen a generar y sostener ventajas competitivas. Lo anterior incide fuertemente en la forma en que se organizan los procesos de trabajo.

La descripción anterior sugiere dos reflexiones que resulta interesante destacar a los fines de este trabajo. En primer lugar, las características del actual paradigma tecnoeconómico —ya sea que este pivotee en torno a las tecnologías digitales únicamente o sobre un conjunto más amplio de tecnologías transversales— ponen de manifiesto las diferencias de los procesos de cambio tecnológicos recientes frente a aquellos de otros momentos históricos. En particular, mientras que los cambios tecnológicos anteriores fueron capaces de reemplazar la actividad física de los seres humanos en el trabajo, las nuevas tecnologías van más allá en tanto generan una transformación que puede implicar la sustitución —más o menos paulatina o gradual, según la perspectiva que se considere— en el desarrollo de actividades organizativas y cognitivas.

En segundo lugar, como en ningún otro momento, la velocidad y variedad de alternativas en términos de productos y procesos que surgen en el contexto de este paradigma, ponen de relieve la importancia de las dinámicas —casi siempre problemáticas— de adaptación de la economía y, en un sentido más amplio, de la sociedad, a las nuevas especificidades derivadas de las transformaciones tecnológicas. Los desajustes propios de cualquier proceso de transición se exacerban ante la persistencia de los cambios que generan un permanente desequilibrio del sistema socioeconómico, y que ponen en evidencia el menor dinamismo relativo de las instituciones para acompañar el progreso tecnológico (Mariotti, 2000; Pérez, 2008).

Los modelos organizacionales de la producción—que inciden en la dinámica de generación de conocimiento— y las características del mercado laboral son dos de los principales elementos a tener en cuenta para explicar la existencia de estos desajustes (Mariotti, 2000). En tal sentido, en esta sección se retoman diferentes aspectos de la relación entre cambio tecnológico y empleo, especialmente en términos conceptuales. Este último análisis resulta central dado su impacto en la calidad de vida de las personas, y aunque algunas corrientes de pensamiento económico perciben a los procesos de cambio tecnológico como responsables *per se* de la destrucción de empleo, un estudio más detallado requiere considerar matices derivados del tipo de innovaciones generadas, de los efectos del cambio tecnológico sobre la productividad y de las posibilidades de reubicar trabajadores en el contexto global, así como también es preciso tener en cuenta las oportunidades para la creación de nuevos empleos.

Principales implicancias de los procesos de cambio tecnológico recientes sobre la producción y circulación de conocimientos

Como se mencionó hasta aquí, las transformaciones asociadas al descubrimiento y la incorporación de un avance tecnológico radical no solamente encubren un fenómeno tecnológico. Por el contrario, la adopción, maduración y consolidación de un nuevo paradigma tecnoeconómico requieren, de manera complementaria, la implementación de cambios económicos, sociales e institucionales que hacen posibles la introducción y explotación de las nuevas tecnologías. El acompañamiento de los cambios tecnológicos con este tipo de transformaciones—en términos de estructura regulatoria, modelos de consumo, características del mercado laboral y modelos de organización de la producción, entre otras (Mariotti, 2000)—es lo que garantiza una transición entre paradigmas que minimice los efectos negativos derivados de la desaparición de ciertas actividades y la emergencia de otras. En particular, estos elementos atenúan la ruptura abrupta entre modelos productivos que puede conducir a crisis económicas y sociales vinculadas a la incorporación de nuevas tecnologías.

Las etapas más recientes de cambio tecnológico que tienen su génesis en las TIC, y en otras tecnologías de propósito general con las que estas se complementan, han facilitado la globalización de los mercados y han permitido la introducción de nuevas modalidades

productivas que se caracterizan por el aumento de las incertidumbres estratégicas y de la presión competitiva que enfrentan los agentes económicos (Bianchi y Miller, 2000; Boscherini y Poma, 2000; Yoguel, 2000; Sabel, 2016), entre otras cuestiones. Lo anterior requiere el desarrollo de conocimientos asociados con el nuevo paradigma y de nuevos modelos de organización de la producción que permitan producir y difundir esos conocimientos y aprovechar las sinergias que pueden derivarse de estas dinámicas. Estas reconfiguraciones impactan directa e indirectamente sobre la cantidad y calidad del empleo existente o generado y sobre las relaciones que establecen los agentes económicos—empresas y trabajadores—en el marco del nuevo paradigma.

Así, las dinámicas productiva y competitiva que emergen son sustancialmente distintas de aquellas asociadas con agentes individuales, que toman decisiones independientes del comportamiento de otros actores económicos y no económicos, con información perfecta y en un contexto ahistórico (Alm y McKelvey, 2000). Por el contrario, en este nuevo contexto adquieren un rol protagónico las estructuras de red que contribuyan a generar conocimiento tecnológico, organizacional y de mercado, y a facilitar la difusión de estos conocimientos. Estas formas de organización de las actividades no solo se reflejan en las relaciones entre empresas y entre estas y agentes públicos generadores de conocimientos clave, sino que configuran dinámicas específicas de vinculación entre actividades y trabajadores al interior de las organizaciones. El desarrollo de redes productivas y de conocimiento inter e intraempresas—que suelen atravesar la distinción público-privada—afecta directamente las características de los agentes económicos y sus relaciones, al mismo tiempo que potencian el efecto ya de por sí relevante de los propios cambios tecnológicos sobre las estructuras de producción preexistentes.

En este marco, los conceptos de cooperación y coordinación son centrales en la comprensión de estos procesos, los cuales pueden diferenciarse, pese a que incluso en segmentos de la literatura especializada han sido tratados como sinónimos. Mientras que la cooperación implica necesariamente el desarrollo de esfuerzos conjuntos realizados en una determinada dirección o con un objetivo común, la coordinación, si bien puede definirse estrechamente a partir de la idea de una simple articulación de actividades,⁶ en las redes productivas funcionan combinando y recombinando saberes y capacidades parciales

⁶ Richardson (1972 y 2003), por ejemplo, afirma que la cooperación es una forma particular de coordinación, cuyo rasgo principal es su carácter planificado; de esta manera, se contraponen a formas de coordinación espontánea como las que se definen en el mercado.

pero complementarias —como se revela la tendencia organizacional en expansión en el presente escenario de cambio tecnológico—; sin coordinación la posibilidad de cooperación se diluye, se debilita sustancialmente o pierde eficiencia.⁷

En el caso de las relaciones entre agentes, en los procesos de cambio tecnológico más recientes,⁸ lo que se observa como rasgo característico es el desarrollo de redes horizontales en detrimento de los espacios exclusivos de integración o subcontratación productiva (redes verticales). Mientras que en este último caso el énfasis de la interacción se coloca en la articulación de etapas productivas y en acciones comerciales conjuntas, que pueden derivar en procesos de innovación colectivos, en las relaciones horizontales se generan esencialmente complementariedades que tienen como objetivo el desarrollo de conocimientos. Así, existe una redefinición del concepto de red, donde lo central no está puesto en la complementariedad sectorial, sino en la articulación de actividades productivas en las que la generación y el intercambio de conocimientos orientados al desarrollo de nuevos productos y tecnologías adquieren un espacio central.

Para que el desarrollo de estas redes sea posible se requiere una evaluación de los *trade-offs* que se producen entre dinámicas de cooperación y competencia, debido básicamente a que las posibilidades de cooperar en la producción de conocimientos implican la interacción entre agentes que desarrollan las mismas actividades. Dado que esta tensión entre competencia y cooperación es dinámica, resulta de crucial importancia la capacidad con la que cuenten los agentes que forman parte de las redes para adaptarse a contextos cambiantes a través de la reestructuración de sus actividades.

Por su parte, en lo que refiere a las dinámicas productivas y de interacción al interior de las empresas, las formas de organizar internamente los procesos de trabajo inciden también en la manera en la que se producen y difunden los conocimientos, y esto es central para aprovechar las transformaciones del entorno productivo y competitivo y para anticipar aquellas modificaciones que puedan surgir ante un nuevo paradigma tecnoeconómico. Estas formas diferenciales de organizar el trabajo pueden describirse a partir de un conjunto de dimensiones que facilitan o condicionan las dinámicas de producción de conocimiento. En particular, es esperable que la producción de conocimientos se vea favorecida por una estructura y por herramientas de gestión vinculadas con:

⁷ Véanse, por ejemplo, Lengyel (2016), Sabel (2016) y Aggio *et al.* (2017).

⁸ Fundamentalmente tecnologías digitales, nanotecnología, biotecnología e ingeniería genética y las ciencias cognitivas asociadas a las neurociencias.

- › La presencia de equipos de trabajo con una elevada intervención de los integrantes no solo en el desarrollo sino también en la especificación de las tareas.
- › Elevados niveles de autonomía vinculados a la posibilidad de tomar decisiones sobre el proceso de producción.
- › Una participación de los trabajadores que permita resolver problemas.
- › Procesos de adquisición de capacidades y competencias que incluyan tanto la rotación hacia puestos de mayor complejidad, como la formación en el puesto de trabajo y la capacitación estructurada.
- › Esquemas de flexibilidad en el desarrollo de las tareas, especialmente en términos funcionales.
- › Mecanismos de control basados en el cumplimiento de objetivos y en el control por pares, de manera tal que no se constituyan en meros instrumentos disciplinadores sino que contribuyan al logro de los objetivos del trabajador.

Formas organizacionales definidas por las características opuestas a las recién mencionadas limitarían la dinámica de aprendizaje al interior de la firma (Erbes, Roitter y Delfini, 2008; Roitter, Erbes y Kababe, 2013 y 2014).

Como complemento de lo anterior, la emergencia de un nuevo paradigma genera nuevas demandas en términos de conocimientos y capacidades de los trabajadores, lo cual constituye un nuevo punto a observar en relación con los potenciales desajustes entre el viejo y el nuevo modelo productivo, los cuales no siempre son fáciles de resolver sin mecanismos de intervención explícitos. Parte de estas nuevas capacidades, especialmente aquellas relacionadas con saberes técnicos u otros conocimientos específicos, pueden adquirirse en espacios de educación formal, mientras que otras, más vinculadas con el desarrollo de competencias individuales o sociales, requieren de la implementación de mecanismos de formación en el puesto de trabajo u otros recursos en los que se privilegie la participación, la autonomía y el trabajo en equipo entre los integrantes de una organización.

Como se retomará en la siguiente sección, todos estos elementos vinculados a los cambios tecnológicos tienen una importante incidencia sobre los niveles y las características del empleo, y diferentes aportes desde la teoría económica permiten sistematizar los principales avances conceptuales realizados en el análisis de esta relación.

Análisis de la relación entre cambio tecnológico y empleo

La identificación de los efectos del cambio tecnológico sobre el empleo ha sido un tema de análisis importante en las últimas décadas, dada la centralidad y la profundidad de las transformaciones que han implicado los procesos recientes de generación e incorporación de tecnologías. Sin embargo, desde larga data, esta ha sido una cuestión que captó la atención de distintas perspectivas económicas, lo que generó una amplia variedad de explicaciones y una sistematización cada vez más precisa de los factores que intervienen en esta relación. Más recientemente, diferentes organismos multilaterales—Organización Internacional del Trabajo (OIT), Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Banco Mundial—han promovido la elaboración de documentos que tienen como objetivo fundamental precisar las características de esta relación en contextos y actividades específicas.

En la presente sección se sintetizan los principales aportes que se derivan de las discusiones anteriores. En primer lugar, se presentan los elementos centrales que surgen del análisis de la relación entre cambio tecnológico y empleo desde distintos enfoques económicos. Seguidamente, se realiza una reseña sobre la importancia de los contextos productivos específicos en la comprensión de esta relación, teniendo en cuenta especialmente las particularidades de economías en desarrollo como las de América Latina. Finalmente, se sintetizan las contribuciones conceptuales más recientes y los principales ejes de discusión que se derivan de ellas.

Aportes desde la teoría económica

La preocupación por los efectos del cambio tecnológico sobre el empleo ha estado presente desde los inicios de la ciencia económica.⁹ Así, el estudio de esta relación se remonta al trabajo de los primeros economistas clásicos, quienes enfocaron sus análisis en los efectos de compensación, totales o parciales, que eran esperables al producirse estos avances (Ricardo, 1985; Petit, 1998; Spiezia y Vivarelli, 2000; Smith, 2001; Pianta, 2003; Piva y Vivarelli, 2005; Vivarelli, 2007).

⁹ La revisión de literatura que retoma la relación entre modernización y empleo y que se presenta en distintas partes de esta sección se basa en Roitter (2010).

De acuerdo con el enfoque de los mecanismos de compensación, los puestos de trabajos perdidos en una actividad –como consecuencia de los menores requerimientos de empleo para producir una misma cantidad de bienes– podrían ser “compensados” por los efectos positivos de una mayor producción traccionada por las maquinarias introducidas. Esta mayor producción estaría asociada al aumento en el nivel de demanda que podría generarse tanto por la reducción en costos y precios ante la introducción de nuevas técnicas, como por los mayores ingresos que la mecanización generaría, sobre todo, entre los empresarios (Say, 1964; Smith, 2001; entre otros).

Los principales mecanismos por los que operaría la compensación prevista en el enfoque clásico son: vía nuevas máquinas, vía descenso de precios, vía nuevas inversiones y vía descenso en los salarios (Vivarelli, 2007).

La mayoría de los economistas clásicos sostenía que la compensación era efectiva en tanto brindaba nuevos trabajos en cantidad suficiente y dentro de un lapso razonable, aun en presencia de una tendencia hacia el aumento de la relación capital/trabajo. Sin embargo, se trata de una perspectiva que ha recibido numerosas críticas, entre las cuales se destacan las realizadas por Marx en su análisis sistémico del capitalismo. Según este autor, la competencia entre capitales por apropiarse de la plusvalía conduce a la incorporación de nuevas maquinarias que revolucionan los procesos de trabajo e incrementan la productividad. Este proceso implica el reemplazo de trabajo vivo por maquinaria y, si bien el proceso de división social del trabajo absorbería, en un principio, empleo en otras actividades, la generalización de este proceso provocaría, de manera creciente, desempleo o, en términos de Marx, un ejército industrial de reserva. Así, Marx señalaba que era improbable que los nuevos puestos pudieran ser cubiertos por trabajadores desplazados, ya sea por razones de localización o de calificación y tiempo (desempleo estructural). A su vez, enfatizaba las pérdidas de los trabajadores en términos de puestos, habilidades, salarios y control sobre su trabajo, como resultado de la forma en que la mecanización evolucionaba. También argumentaba que la compensación sería, a lo sumo, parcial, y que el desempleo crecía porque el cambio técnico desplazaba a trabajadores con una mayor rapidez que con la que se producía el crecimiento de la demanda de nuevos empleados ante la acumulación del capital, incluso en los sectores productores de maquinarias.

El último tercio del siglo XIX coincide con el desarrollo de la escuela marginalista (Walras y Jevons, entre otros), cuyas ideas centrales implicaron un importante cambio de enfoque. Desde esta perspectiva, la compensación no se produce en términos de empleo ya que capital y trabajo se utilizarían hasta el punto en que ambos obtengan el mayor retorno marginal en términos de ganancias y utilidad, respectivamente, al igualar la productividad marginal por unidad de valor invertida en cada factor (Petit, 1998). De esta manera, si bien el énfasis analítico estaba puesto en la sustitución capital/trabajo, se partía de la premisa de que los mecanismos de mercado tienden a ajustar el ratio, en beneficio tanto de trabajadores como de capitalistas. En este enfoque estático, el cambio tecnológico desaparece junto con los *shocks* que le dieron origen. La idea de que el capital y el trabajo son sustitutos comienza a aplicarse a nivel de la firma representativa. Esta nueva estructura teórica deja fuera desde el comienzo la posibilidad de desempleo tecnológico, una vez que se permite el ajuste vía salarios por parte del mercado. En este marco, solo podría producirse desempleo si existieran rigideces causadas por la influencia de actores como los sindicatos, u “obstáculos” institucionales tales como salarios mínimos.

En los años previos a la Gran Depresión, el interés por el tema resurgió a partir de la suba del desempleo tecnológico que culminó con el desempleo involuntario masivo en los años treinta. La revolución keynesiana dejó en claro la posibilidad de que exista equilibrio con desempleo. En aquel momento, los desarrollos teóricos más relevantes provinieron de Keynes y Schumpeter, quienes no se dedicaron a estudiar específicamente la relación entre cambio tecnológico y empleo, aunque ambos realizaron aportes significativos en esta dirección. Mientras que el primero se abocó al análisis de distintas cuestiones vinculadas con el empleo desde un enfoque claramente macroeconómico, el segundo se centró en el estudio de los procesos de cambio tecnológico considerando solo los efectos del ciclo sobre el empleo (Schumpeter, 1997; Petit, 1998).

Entre sus principales aportes Keynes encuentra que la teoría marginalista no tiene en cuenta la desocupación involuntaria que surge como consecuencia de la insuficiencia de demanda efectiva, que se manifiesta en un volumen de producción inferior al necesario para el pleno empleo de la mano de obra disponible. Por su parte, las contribuciones más importantes de Schumpeter se centran en su definición de innovación como un concepto

diferente al de cambio tecnológico o modernización, al incluir en esta idea a “nuevas combinaciones” que abarcan: introducción de nuevos productos y servicios o de nuevas calidades, desarrollo de nuevos métodos de producción o nuevas estrategias de comercialización, apertura de nuevos mercados, descubrimiento de nuevas fuentes de materias primas o la explotación de recursos conocidos y establecimiento de nuevas estructuras industriales en un sector determinado (Schumpeter, 1997).

Los aportes de Schumpeter asociados con la definición de las innovaciones y con la presencia de procesos de desarrollo en contextos de desequilibrio posibilitaron la construcción de nuevos abordajes teóricos y empíricos para comprender distintos aspectos de la dinámica productiva e innovativa. Entre estas, puede destacarse la importancia de las corrientes evolucionista y neoschumpeteriana.

La corriente evolucionista analiza, entre otras cuestiones, el impacto del progreso tecnológico sobre el nivel de empleo y discute, aún hoy, la relevancia de los mecanismos de compensación planteados originariamente por los clásicos. Asimismo, estos enfoques, y específicamente la corriente que centra su análisis en los sistemas de innovación,¹⁰ plantean la necesidad de analizar la relación entre empleo y cambio tecnológico en contextos específicos, teniendo en cuenta cuestiones tales como el tipo de innovaciones predominantes, las características de la estructura productiva y la presencia de instituciones que regulan la actividad económica, entre otras (Freeman, 1995; Ocampo, 2008; Novick *et al.*, 2009). Estos elementos condicionan, en última instancia, las posibilidades no solo de generar tecnología, sino también de distribuirla homogéneamente al interior de un aparato productivo.

Entre los aportes significativos desde la perspectiva de sistemas de innovación, está el considerar al cambio técnico y a la innovación como procesos localizados de búsqueda y aprendizaje por parte de los actores económicos (Nelson y Winter, 1982; Nelson y Rosenberg, 1993). En este marco, el impacto del cambio tecnológico sobre el empleo no es solamente directo sino que también existen efectos de segundo y tercer orden que deben considerarse al momento de evaluar la existencia de efectos de compensación. Estos implican a las economías nacionales más que a las empresas en particular, y se basan en el comportamiento de variables tales como la propensión a consumir de la población, la

¹⁰ De acuerdo con Lundvall (2009), la economía evolucionista constituye un marco teórico general para el análisis de los sistemas de innovación.

caída en el poder de compra y las consecuencias negativas que podrían generar las reducciones del salario sobre la demanda efectiva.

Dentro del marco neoschumpeteriano, obras como las de Freeman y Soete (1987), Freeman y Pérez (1988) y Freeman (1994) enfatizan la relevancia del surgimiento de cada nuevo paradigma tecnoeconómico para explicar el comportamiento y la dinámica del empleo, enfatizando fundamentalmente los cambios provocados por la incursión de las TIC en la dinámica productiva. Si bien sostienen que coexistirían importantes pérdidas de empleo con la generación de nuevos puestos, las pérdidas y puestos creados se darían en diferentes áreas y requerirían nuevas habilidades, conduciendo a desequilibrios y a problemas de ajuste que serían los que provocarían no solo desempleo friccional, sino también desempleo tecnológico. Más allá de estas consideraciones, es importante destacar que, desde la perspectiva de estos autores, no todo proceso de cambio tecnológico e innovación genera por sí mismo pérdida agregada o individual de empleo. En este sentido, una discusión frecuentemente retomada desde este enfoque se relaciona con el impacto del cambio tecnológico sobre la generación de nuevos productos o nuevos procesos, y las implicancias diferenciales que esto puede conllevar sobre la destrucción y creación de puestos de trabajo. Así, destacan que si el resultado de un proceso de cambio tecnológico es la generación de un nuevo producto que no necesariamente reemplaza en su totalidad a otro preexistente, tiene lugar un espacio para la generación de nuevos empleos y, por tanto, no podría sostenerse la hipótesis de desempleo tecnológico como un resultado inobjetable de la incorporación de nuevas tecnologías.

De tal modo, gran parte de los aportes neoschumpeterianos reconocen la importancia de distintos factores que median el impacto que generan los procesos de cambio tecnológico sobre el empleo. Entre ellos, las características de los desarrollos tecnológicos —de propósito general o específico— y el tipo de nuevos productos o procesos que tienen lugar a partir de aquellos se encuentran entre los más analizados por esta perspectiva. A su vez, otras cuestiones tales como los rasgos preponderantes en las estructuras productivas —especialmente en términos de actividades desarrolladas— generan el marco para analizar la relación entre cambio tecnológico y empleo desde una mirada en la que confluyen el abordaje neoschumpeteriano y otras corrientes de pensamiento. Algunas de estas contribuciones se retoman en el siguiente apartado.

Análisis de la importancia de las especificidades sectoriales y los contextos productivos

La relevancia del progreso tecnológico, en tanto factor que promueve procesos de cambio estructural y desarrollo, no puede ser analizada escindida de los tipos de innovaciones generadas y de los rasgos de las estructuras productivas. La existencia de heterogeneidad en las estructuras productivas conduce a procesos de modernización tecnológica asimétricos, con un impacto diferencial entre sectores en lo que respecta a la dinámica productiva y la capacidad de generar empleo. En general, este es un elemento de análisis crucial para comprender la especificidad de cualquier grupo de países o sectores, pero en el caso particular de América Latina, donde la heterogeneidad de las estructuras es particularmente fuerte inter e intrasectorialmente, adquiere una trascendencia aún mayor.

En términos generales, existe consenso acerca de que los procesos de modernización provocan transformaciones significativas en la estructura productiva, aunque su importancia está condicionada por la heterogeneidad preexistente que determina la desigual capacidad de absorción del cambio tecnológico en las distintas actividades productivas. Pese a los matices que pueden observarse a través del tiempo en torno a las distintas formas de concebir la heterogeneidad estructural, se mantienen ciertos elementos comunes. Entre ellos se destaca el reconocimiento de diferencias en términos de: la difusión/absorción del progreso técnico inter e intraestructuras productivas, las productividades sectoriales, la inserción externa de las actividades y la capacidad de generar empleo. De esta manera, la heterogeneidad aparecería ligada a diferencias de productividad que se manifiestan, entre otras cuestiones, en una capacidad de exportar y generar empleo que caracteriza diferencialmente a las actividades productivas como consecuencia de la concentración en la incorporación del progreso técnico (Infante, 2010c).

En particular, respecto del impacto de la heterogeneidad estructural sobre el empleo, un importante conjunto de trabajos (Cimoli *et al.*, 2006; Lavopa, 2007; Chena, 2009; Porcile, 2009; Infante, 2010b y 2010c) señalan que lo que estaría implícito en este análisis es que el desarrollo heterogéneo de la estructura productiva afecta directamente el nivel y la estructura del empleo, lo cual genera heterogeneidades también en el mercado de trabajo.

Algunos de estos aportes han sido retomados desde la perspectiva de la teoría de la segmentación del mercado laboral, la cual intenta explicar, entre otras cuestiones, las razones por las cuales existe dispersión salarial y persistencia de la pobreza y el desempleo. En este marco, la heterogeneidad de la estructura productiva se traduce en un mercado de trabajo segmentado en el que trabajadores con el mismo nivel de productividad reciben retribuciones diferentes por el desarrollo de distintas ocupaciones, dado que el salario se encuentra asociado en especial con las características de los puestos de trabajo y del sector de actividad, y solo de modo marginal con los rasgos del trabajador. Desde la perspectiva latinoamericana, en el caso de los países en desarrollo, esta segmentación sería sobre todo consecuencia del rápido crecimiento de la fuerza de trabajo urbana y de la incapacidad de los sectores más modernos—dado su menor ritmo de crecimiento—de absorber el incremento de la mano de obra. Complementariamente a los efectos relacionados con la cantidad de empleo, las diferencias entre sectores tradicionales y modernos se reflejarían también en la calidad de los puestos generados. Así, mientras que los empleos en el sector moderno se caracterizan por la formalidad de la relación laboral, los elevados salarios y las posibilidades de desarrollo de carrera y de adquisición de nuevas capacidades, en el sector tradicional se destacan mayores niveles de informalidad, salarios reducidos con respecto a los anteriores y menos posibilidades de promoción individual (Lavopa, 2005).

Otros trabajos recogen la preocupación por el efecto de la heterogeneidad estructural desde la misma formulación de este concepto. Tal es el caso de Porcile, quien sostiene que “la heterogeneidad estructural se define como una situación en la que existen amplias diferencias en los niveles de productividad del trabajo entre sectores de la economía y al interior de cada sector. Estas diferencias son lo suficientemente marcadas como para segmentar claramente el sistema productivo y el mercado de trabajo en capas diversas, en las que las condiciones tecnológicas y de remuneración son fuertemente asimétricas” (2009: 2).

Porcile (2009) reconoce la importancia del progreso tecnológico para la complejización—en términos de incorporación de contenido tecnológico—y diversificación de la estructura productiva. En los países periféricos, la difusión tecnológica localizada genera una menor cantidad de actividades modernas que en el caso de los países desarrollados, lo

cual conlleva debilidades del sistema productivo para absorber la oferta de trabajo y acentúa las diferencias de productividad. Como consecuencia de esto, se mantiene la relevancia de las actividades tradicionales para la generación de empleo, que son poco complejas en términos tecnológicos y provocan reducidos derrames al resto del aparato productivo (Infante, 2010b).

En la misma dirección, Infante (2010b y 2010c) propone un conjunto de indicadores para analizar la trascendencia de la heterogeneidad estructural en las economías latinoamericanas. En particular, este autor enfatiza el efecto de estas desigualdades sobre los ingresos de los trabajadores. Las diferencias de productividad que surgen a partir del crecimiento y la difusión tecnológica heterogénea se traducen en distintos niveles salariales que benefician a los ocupados en los estratos más modernos de la estructura productiva. Así, la heterogeneidad de la estructura no solamente se traduce en capacidades diferenciales de los sectores para generar empleo, sino también en distancias significativas entre los ingresos de los trabajadores pertenecientes a sectores productivos más o menos modernos, generando patrones regresivos de distribución del ingreso (Porcile, 2009; Infante, 2010b).

Los procesos de crecimiento económico concentrados en un conjunto acotado de actividades que en general son las más competitivas y que evidencian aun mejoras significativas de su productividad, muestran limitaciones para absorber la fuerza laboral existente y para reducir las inequidades de ingreso entre las personas (Infante, 2010b). A su vez, cuando el progreso tecnológico persigue como único objetivo la reducción de costos, se acentúa la heterogeneidad, y el impacto de esta dinámica sobre el empleo es menos virtuoso que en las economías desarrolladas, lo que provoca incluso la pérdida de puestos de trabajo.

Por el contrario, cuando el crecimiento está asociado a procesos de cambio estructural, se observa una tendencia hacia la homogeneización de la productividad en los distintos estratos productivos, diversificando el conjunto de actividades que impulsan la dinámica económica (Infante, 2010a). En este marco, el aumento de la demanda de empleo que se genera a partir de la introducción de cambios tecnológicos es mayor al de la oferta y, gradualmente, los trabajadores tienden a desplazarse desde las actividades de menor a los de mayor productividad, lo cual ocasiona mejoras agregadas en términos de los ingresos

de los trabajadores. Como consecuencia de ello, la posibilidad de reducir la heterogeneidad estructural a partir de la incorporación de cambio tecnológico queda circunscripta a aquellos casos en los que esta tracciona un aumento simultáneo del producto y de la productividad, con generación de empleos en los estratos más productivos (Porcile, 2009), y no simplemente con el aumento de ingresos en las actividades más modernas que no derraman los beneficios del progreso tecnológico hacia el resto de la estructura.

Así, la incorporación de tecnología puede ser, tal como lo sostuvieron distintos autores estructuralistas, fuente de reducción o de profundización de la heterogeneidad estructural que distingue a las economías latinoamericanas. Si el crecimiento y la difusión del progreso tecnológico se desarrollan de manera heterogénea y afectan diferencialmente a las distintas actividades que constituyen la estructura productiva, los beneficios de estos procesos quedarán acotados a un grupo reducido del entramado social y mantendrá marginado, en términos económicos y sociales, al resto (Lavopa, 2005). Por el contrario, estos procesos tendrán mayores efectos inclusivos en aquellos casos en los que el sector moderno de la economía se encuentre más diversificado y cuanto menor sea la participación de los sectores de subsistencia—o de menor modernidad o complejidad—en el empleo total (Porcile, 2009).

A su vez, es preciso destacar la existencia de una relación mutuamente retroalimentada entre heterogeneidad estructural y progreso tecnológico, donde mayores niveles de heterogeneidad redundan en capacidades diferenciales de absorción del progreso tecnológico y esto conduce, a su vez, a una mayor heterogeneidad. En este marco, se reproduce la dinámica virtuosa de las actividades más modernas que generan transformaciones permanentes, y la dinámica viciosa de las más rezagadas, por lo que algunas actividades logran cerrar la brecha productiva en relación con la frontera internacional, mientras que otras la siguen ampliando. En términos de empleo, esto implica que los sectores modernos generan una mayor cantidad de puestos que demandan más calificaciones y que incrementan la brecha respecto de los grupos de trabajadores menos calificados que siguen desarrollando sus actividades en los sectores de menor productividad relativa.

Sin embargo, lo anterior no implica que un proceso de crecimiento que afecte de manera diferencial a distintos grupos productivos necesariamente refuerce los efectos negativos derivados de una estructura productiva desequilibrada y de la heterogeneidad estructural

existente: cuando el crecimiento es desigual pero favorece sobre todo a los sectores más rezagados, puede contribuir a la reducción de la heterogeneidad.

En síntesis, es posible sostener que las características de las economías —en especial en lo que respecta a su configuración sectorial y su grado de articulación productiva— son importantes para definir la posibilidad de incorporar cambios tecnológicos que produzcan incrementos de productividad en las actividades, pero también para definir el balance obtenido entre creación y destrucción de empleo. En términos cualitativos, los rasgos de la estructura productiva también son relevantes para dar cuenta de la necesidad de nuevas calificaciones y competencias en los trabajadores y de las posibilidades de distribuir los frutos del progreso tecnológico entre actividades y entre trabajadores que enfrentan niveles de eficiencia y productividad desiguales.

Como se mencionó en este apartado y en el anterior, estas cuestiones han sido objeto de análisis ante la emergencia de cada ola de cambio tecnológico o cambio de paradigma tecnoeconómico, en los términos ya definidos en la primera sección. Sin embargo, los rasgos específicos de las transformaciones más recientes han reconfigurado las discusiones existentes e incorporado nuevas dimensiones y nuevos ejes analíticos. Todo esto es objeto de lo que resta de este documento.

Discusiones conceptuales recientes

La emergencia de las TIC y de otras tecnologías transversales como la nanotecnología y la biotecnología ha liderado, en los últimos veinte años, los procesos de cambio tecnológico y, con ello, la instauración de una nueva etapa en la sucesión histórica de paradigmas tecnoeconómicos.

Sin embargo, como se discutió previamente, la etapa actual de progreso tecnológico tiene un conjunto de características—centralidad del conocimiento, expansión masiva de la digitalización, velocidad y *mix* de penetración de las innovaciones y configuraciones productivas en red, entre otras— que hacen que la penetración de las transformaciones sea mucho más generalizada —y tal vez más profunda— que en etapas anteriores. En este contexto, la preocupación siempre presente acerca de la capacidad de los sistemas productivos para

generar puestos de trabajo en cantidad y calidad suficiente se vuelve especialmente relevante y requiere nuevos elementos conceptuales para precisar los factores intervinientes en la relación entre cambio tecnológico y empleo.

Desde fines de la década del noventa, pero especialmente desde mediados de los 2000, se ha desarrollado una gran cantidad de estudios que buscan aportar en esta dirección, tanto conceptualmente como a través de la evidencia empírica. En ellos se reconoce una amplia diversidad de voces institucionales, académicas, laborales, empresarias y gubernamentales. Organismos como la OIT, el Banco Mundial, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y la Comunidad Económica Europea, entre otros, han producido documentos que analizan los riesgos, las oportunidades y el futuro de la economía y del empleo en el marco de estas nuevas tecnologías. A su vez, empresas y consultoras vienen advirtiendo sobre las lógicas tecnológicas que avanzarán sobre la producción, los cambios en el empleo y los desafíos que abre el nuevo contexto para los próximos años. Mientras que en ciertos trabajos es posible reconocer un análisis comprehensivo de esta relación, en otros el énfasis está puesto en el estudio de distintos tipos de especificidades.

Algunas de las principales preguntas que surgen a la luz de estos aportes son las siguientes: ¿es el actual un proceso clásico de destrucción-creación de empleo similar a los observados en otros momentos a partir de la introducción de cambios tecnológicos disruptivos, que generaría efectos de compensación suficientes para neutralizar los efectos negativos sobre el empleo en el mediano y largo plazo? ¿O se confirmará el viejo pensamiento del ludismo de principios del siglo XIX que protestaba por el advenimiento de las máquinas y los posibles efectos sobre el empleo? ¿Cuántos empleos se perderán como consecuencia de la incorporación de las nuevas tecnologías? ¿Qué tipo de empleos se perderán? ¿Cuáles son las políticas que se podrían implementar para que los trabajadores no queden al margen de los nuevos requerimientos en términos de formación y competencias?

De esta manera, el recorrido sobre los aportes realizados –los cuales se sintetizan en el cuadro I del Anexo– puede sistematizarse en torno a cinco ejes centrales:

- › La profundidad de los cambios tecnológicos recientes.
- › El impacto sobre la cantidad de empleo.
- › El impacto sobre la calidad del empleo.

- › Las consecuencias sociales y distributivas.
- › Las políticas que median sobre los aspectos negativos del avance tecnológico.

Sobre cada una de estas cuestiones conceptuales se avanzará a continuación; mientras que en la próxima sección de este trabajo se retomarán las principales contribuciones metodológicas que han permitido la evaluación empírica del impacto de la automatización y computarización sobre el empleo.

PROFUNDIDAD DE LOS CAMBIOS TECNOLÓGICOS

En los últimos años, desde diversos espacios académicos se han planteado conceptos tales como *new new technology*, Cuarta Revolución Industrial y *Second Machine Age*, para dar cuenta de la etapa actual de progreso tecnológico. Complementariamente, se vienen desarrollando importantes trabajos que versan sobre los impactos de las nuevas transformaciones tecnológicas sobre la productividad, el crecimiento económico y el empleo, sobre los distintos tipos de necesidades en las calificaciones de los trabajadores que se generan a partir de dichas transformaciones y sobre las consecuencias sociales de estas dinámicas, entre otras cuestiones.

Este interés se basa en una percepción relativamente compartida entre distintos observadores que consideran que actualmente se asiste a una desviación crítica del patrón histórico de cambio tecnoeconómico, dado el carácter único y altamente perturbador de las tecnologías emergentes y el ritmo de cambio sin precedentes.

Brynjolfsson y McAfee (2014)—cuyo libro ha despertado un intenso debate entre defensores y detractores de sus ideas— señalan que se está en presencia de “la segunda era de las máquinas”, caracterizada por el increíble avance de las tecnologías digitales (computadoras, software y redes, principalmente). Frey y Osborne (2013), por su parte, identifican dos grupos de tecnologías vinculadas al proceso de cambio en curso. Estas son, por un lado, las que permiten el desarrollo de algoritmos para automatizar tareas fundamentalmente cognitivas—*machine learning*, que incluye distintos campos relacionados con la inteligencia artificial— y, por el otro, las que hacen posible la extensión de la computarización en las tareas manuales—*mobile robotics*—. Los avances en el desarrollo y la incorporación de

tecnología asociada a cada uno de estos grupos tienen un impacto diferencial sobre el empleo, en tanto actúan de manera complementaria o sustitutiva sobre las tareas más o menos rutinarias.

Según Brynjolfsson y McAfee (2014), los cambios desarrollados en relación con estas tecnologías modificaron sustancialmente la visión que se tenía sobre las computadoras hasta el momento, a las cuales se les reconocía la capacidad para seguir un conjunto de reglas pero sin posibilidades de interactuar en el marco de procesos de comunicación complejos. Actualmente, ciertas tecnologías vinculadas con la inteligencia artificial—SIRI, por mencionar solo un ejemplo— han permitido grandes avances en esta dirección, por lo que se termina configurando un proceso de cambio tecnológico caracterizado como exponencial, digital y complementario. Estos autores anticipan un impacto beneficioso de estas transformaciones en la expansión de distintos tipos de consumos intangibles—que incluyen desde relaciones interpersonales hasta entretenimiento y otros servicios—, por lo que será posible avanzar en la resolución de un problema típico en economía, que es el de la escasez. Como contrapartida de esta abundancia sin precedentes y de los incrementos en productividad generados en prácticamente todas las actividades, se menciona la menor capacidad de las tecnologías para generar puestos de trabajo.

Nübler (2016) comparte el diagnóstico realizado por Brynjolfsson y McAfee (2014), en tanto sostiene que se espera que los efectos combinados de las distintas nuevas tecnologías—entre ellas los sensores multifuncionales, la robótica de aprendizaje, la internet de las cosas y la impresión en 3D— sean profundos, de amplio alcance y a gran escala y, por lo tanto, generen una pérdida de empleos mayor que en períodos anteriores. En la misma dirección, Pérez (2013) sostiene que en la actualidad los países desarrollados se encuentran en una instancia de transición entre la primera y la segunda etapa del paradigma de la digitalización, los robots y las TIC, y que para superar exitosamente este proceso, aprovechando el potencial tecnológico y las oportunidades de generar empleo, no es suficiente la intervención del mercado.

En definitiva, el punto de partida generalmente reconocido entre los distintos autores que analizan la relación entre cambio tecnológico y empleo es la radicalidad del primero, como consecuencia del desarrollo de un conjunto de tecnologías disruptivas en

términos de las formas de producir e intercambiar bienes y servicios, y de producir y difundir conocimientos. Sobre esta base, es innegable el impacto que estas transformaciones tendrán sobre el empleo, más allá de los matices que se desarrollan en los próximos apartados.

IMPACTO SOBRE EL VOLUMEN DE EMPLEO

En enero de 2010, *The Washington Post* publicaba un dato movilizador: durante la primera década del siglo XXI la creación de empleo en Estados Unidos había sido cero; este comportamiento podía evidenciarse, con matices, en distintos países y regiones del mundo. Esto no había ocurrido en ningún momento previo desde la Gran Depresión, e incluso no es posible encontrar un decenio de posguerra en el que se produjera menos del 20% de aumento en el número de puestos de trabajo (Ford, 2016). Este dato pone en evidencia que el actual proceso de cambio tecnológico está generando problemas de empleo en el corto plazo y existe consenso en esta dirección. Sin embargo, cuando se evalúan horizontes temporales más amplios —mediano y largo plazo— los acuerdos parecieran ser menos contundentes.

En los últimos años, una serie de libros y artículos (Frey y Osborne, 2013; Brynjolfsson y McAfee, 2014; Ford, 2016) reavivaron el debate sobre la relación entre cambio tecnológico y empleo, aunque en esta oportunidad sosteniendo un mayor nivel de incertidumbre sobre el impacto de las características de esta relación sobre los trabajadores. Con anterioridad a la actual etapa de progreso tecnológico se solía sostener que, como consecuencia de la matriz schumpeteriana de destrucción creadora, las dificultades de empleo generadas en el corto plazo a partir de la transición entre paradigmas tecnoeconómicos se subsanaban en el mediano y largo plazo. No obstante, el proceso de cambio tecnológico más reciente pone en duda algunas de estas cuestiones, en la medida en que aún no resulta del todo claro si la transformación que se está produciendo tendrá la capacidad de generar, al menos, el mismo nivel de empleo que va destruyendo. Por lo tanto, la mayor parte de las contribuciones relevadas tienden a sostener una perspectiva negativa o ahorradora de mano de obra como consecuencia de los cambios tecnológicos más recientes.

Frey y Osborne (2013) fueron de los primeros en reiniciar este debate a partir de un análisis que pretende dar cuenta de la probabilidad que tienen ciertas ocupaciones de ser computarizadas en el contexto del mercado de trabajo norteamericano. Con estos elementos presentan una medida del impacto del avance tecnológico reciente sobre el empleo y señalan el efecto negativo del primero sobre el segundo, tanto en actividades manufactureras como en servicios (logística, transporte) y construcción. La discusión conceptual desarrollada por estos autores se construye fundamentalmente como una profundización de los aportes realizados por Autor, Levy y Murnane (2003), quienes consideran que el impacto negativo sobre el empleo de las nuevas tendencias tecnológicas se da sobre las ocupaciones rutinarias, mientras que enfatizan el carácter complementario de la informatización sobre las tareas cognitivas no rutinarias. Frey y Osborne (2013), al igual que Ford (2016), por el contrario, plantean el contraste entre los diferentes tipos de ocupaciones y sostienen que la computarización es posible incluso para un conjunto de ocupaciones que requieren habilidades cognitivas no rutinarias. En este sentido, la destrucción de empleo generada por las nuevas tecnologías sería, desde la perspectiva de estos autores, mayor que la observada por quienes retoman un conjunto más acotado y específico de ocupaciones.

En una dirección similar, Brynjolfsson y McAfee (2014) también destacan el impacto neto negativo de las nuevas tecnologías sobre el empleo, a partir de la generación de desempleo tecnológico. En su análisis sostienen que los aumentos de productividad asociados con el cambio tecnológico reciente tienen como contrapartida la eliminación de numerosos tipos de ocupaciones. Arthur (2011) también se coloca en esta línea de conclusiones, al sostener que los avances digitales permiten explicar el crecimiento de la productividad sin incrementos significativos de trabajo humano. Las versiones digitales de la inteligencia humana están sustituyendo cada vez más a los trabajadores en aquellos empleos para los que se consideraba indispensable la participación humana, generando importantes reconfiguraciones en las profesiones.

Otros autores sostienen una posición más radical sobre la relación entre cambio tecnológico y empleo. Entre ellos, Ford (2016) augura un futuro sin empleo, en tanto sostiene que a medida que avance y se consolide el actual paradigma tecnoeconómico se incrementará el número de ocupaciones y profesiones que pueden perderse. En su libro *El auge de los*

robots, este autor realiza una descripción minuciosa de las diferentes áreas que han sido alcanzadas por los procesos de automatización y considera a la tecnología como un motor disruptivo sobre el empleo en todas sus formas.

A las visiones negativas anteriormente presentadas se contraponen perspectivas positivas sobre el rol de la tecnología que se asocian con la existencia de complementariedades –antes que sustitución– entre cambio tecnológico y empleo (Autor, 2015; Berriman y Hawksworth, 2017) y con la posibilidad de generar nuevos puestos de trabajo a partir de la creación de nuevas actividades (Nübler, 2016; Spencer, 2017).

En relación con la primera de estas cuestiones, Autor (2015) sostiene que la capacidad de la tecnología de sustituir empleo está sobredimensionada y que lo que tiende a primar en el contexto de los cambios tecnológicos recientes es una dinámica de complementariedad en la que los procesos de automatización permiten el aumento de la producción y, con ello, de la demanda de mano de obra. En este sentido, para Autor la reducción del empleo no sería el resultado de la incorporación de tecnología, sino de la incapacidad de aumentar el producto y la productividad a partir de las mejoras tecnológicas; en este sentido, coincide con lo planteado por Berriman y Hawksworth (2017), quienes sostienen que el mayor aporte de las tecnologías se da sobre la productividad. A su vez, Autor (2015) considera que la posibilidad de sustituir trabajo por tecnología se da especialmente en las actividades rutinarias, mientras que la computarización de tareas con un fuerte componente de trabajo cognitivo sigue siendo aún poco probable.

En lo que respecta a las posibilidades abiertas por la actual etapa de cambio tecnológico para generar nuevos empleos, Nübler (2016) señala que el impacto del cambio tecnológico sobre el trabajo tiende a ser secuencial en tanto –luego de una primera fase en la que predomina la destrucción de ocupaciones, la redefinición de las tareas existentes y, por consiguiente, el “ahorro” de mano de obra– se generan dinámicas de ajuste y transformación que conllevan a la generación de nuevas actividades productivas y laborales, y a la creación de empleo. Entre ambas instancias median procesos de aprendizaje social y adecuaciones sociales que, entre otras cuestiones, permiten desarrollar los ajustes necesarios –en términos de calificaciones y competencias, por ejemplo– entre las demandas laborales previas y posteriores a la transformación tecnológica.

En la misma dirección, la OIT (2016) rebate las ideas más apocalípticas asociadas con la disminución de los niveles de empleo y argumenta que en el mediano y largo plazo tendrá lugar—al igual que en otros momentos de la historia del cambio tecnológico—un proceso de creación de nuevos puestos de trabajo. Así, se destaca el rol desempeñado por distintos elementos que contribuirían a generar nuevos empleos; por ejemplo:

- › Las complementariedades entre la nueva tecnología y el empleo en sectores específicos.
- › Los efectos indirectos positivos de la tecnología en tanto generan empleo en las firmas y actividades vinculadas con la producción de nuevas tecnologías.
- › La innovación tecnológica que implica posibilidades de crear nuevas líneas de productos para cuya producción se requerirá de trabajadores.
- › El efecto de ingreso y la expansión de los mercados, donde el consumo y, por lo tanto, la demanda de bienes y servicios se incrementa como consecuencia de los aumentos de productividad, que se traducen en remuneraciones más altas (Vivarelli, 2007).
- › El aumento del empleo en actividades ligadas al ocio y el entretenimiento.

Ford (2016) se muestra escéptico con respecto al planteo anterior, en tanto le parece inconcebible que aparezcan nuevas industrias en las que la utilización de mano de obra sea significativa. Desde su perspectiva, esto implicaría desarrollar actividades en las que no se explotaría al máximo las oportunidades que ofrecen los avances derivados de la nueva etapa de cambio tecnológico. Como consecuencia de esto, en las industrias emergentes muy rara vez tendrá cabida la contratación masiva de mano de obra, y se reproducirá un patrón en el que la destrucción de actividades mano de obra intensivas no podrá ser compensada por el efecto de la creación de nuevas empresas que generan un volumen de empleo mucho menor que el que se pierde. Para este autor, los efectos compensatorios más relevantes se asocian con incrementos de productividad que generan ingresos adicionales en el conjunto de la economía.

Un aporte conceptual importante que surge de estos debates se relaciona con la caracterización de ocupaciones, actividades y tareas en términos de su grado de rutinización (Autor, Levy y Murnane, 2003; Frey y Osborne, 2013) y del tipo de trabajo—manual o cognitivo—predominante. Autor (2011 y 2015), Frey y Osborne (2013), Brynjolfsson y McAfee

(2014), Arnzt, Gregory y Zierahn (2016) y Ford (2016) retoman esta distinción para dar cuenta del impacto diferencial del cambio tecnológico sobre el empleo. Tal como se sostuvo, en la mayoría de estas contribuciones se argumenta que el efecto del cambio tecnológico sobre el empleo será mayor en aquellas actividades o tareas que son rutinarias y que implican fundamentalmente trabajo manual, aunque también se destaca la incidencia de los procesos de cambio tecnológico reciente sobre aquellas tareas o actividades que son rutinario-cognitivas. El menor margen para la computarización, digitalización o informatización se da principalmente en aquellos casos en los que las tareas desarrolladas se relacionan con actividades cognitivas que no pueden rutinizarse; aunque perspectivas como la de Ford (2016) destacan también el avance de las nuevas tecnologías sobre empleos que cuentan con dichas características. Estas cuestiones son relevantes para dar cuenta de algunos componentes del próximo eje de articulación de los aportes, que es el del efecto del cambio tecnológico sobre la calidad del empleo.

IMPACTO SOBRE LA CALIDAD DEL EMPLEO

El análisis del efecto de los cambios tecnológicos sobre la calidad del empleo implica considerar diferentes dimensiones, entre las cuales resultan especialmente relevantes a los fines de este documento: las características de las ocupaciones, las tareas y las actividades desarrolladas; las capacidades y calificaciones de los trabajadores; los niveles de remuneración; y las formas de organización del trabajo que favorecen dinámicas de desarrollo personal y profesional en los trabajadores.

Como se sostuvo con anterioridad, el impacto del cambio tecnológico sobre el empleo no puede analizarse independientemente de las características de las ocupaciones y de las actividades en términos de la rutinización y la puesta en práctica de recursos cognitivos. La rutinización de las actividades se asocia con la posibilidad de codificar y sistematizar las acciones implícitas en una tarea, por lo que, una vez realizado este proceso, la digitalización o computarización es un próximo paso relativamente sencillo. Por el contrario, las actividades no rutinizadas enfrentan una mayor complejidad a la hora de la sistematización y automatización. Algo similar ocurre con el trabajo manual y el cognitivo, donde el primero es más probable de ser automatizado que el segundo, dado que en el desarrollo

de este último se ponen en juego habilidades de interacción y de decisión que hasta hoy no pueden ser completamente reproducidas por la acción de una máquina.

De esta manera, distintos aportes en la literatura plantean una clara divisoria de aguas entre aquellas tareas y actividades que pueden ser computarizadas o no a partir de su caracterización como rutinarias o no rutinarias, y manuales o cognitivas (Autor, Levy y Murnane, 2003). Frey y Osborne (2013) sostienen que, en tanto la computarización se inserta cada vez más en los dominios del trabajo cognitivo, pone en peligro a un conjunto de ocupaciones que no se habían visto interpeladas por los cambios tecnológicos precedentes. Sin embargo, aportes como el de Arnzt, Gregory y Zierahn (2016) cuestionan estas conclusiones al señalar que el efecto de la automatización no se da sobre las ocupaciones completas, sino sobre ciertas actividades y tareas que las integran. En esta dirección, por lo tanto, se supone que los procesos de automatización desarrollados a través de la robótica pueden ir supliendo tareas pero no ocupaciones enteras. Los empleos dentro de las ocupaciones variarán, y aunque algunos empleos y tareas pueden desaparecer, otros solo cambiarán (Autor y Handel, 2013).

El análisis en términos del impacto sobre actividades específicas pone de manifiesto el efecto de los cambios tecnológicos recientes sobre actividades que implican diferentes niveles de calificaciones y competencias de los trabajadores. En este marco, un consenso bastante generalizado se asocia con que las tecnologías informáticas están cambiando el tipo de trabajos disponibles, a partir de la destrucción de ciertos empleos y la creación de otros, en un resultado no necesariamente balanceado entre estos procesos. En particular, Autor (2015) sostiene que la informática ha ido reemplazando en las últimas décadas tareas como la contabilidad, el trabajo administrativo y los trabajos repetitivos en la fabricación. Al mismo tiempo, destaca que han proliferado los empleos que exigen creatividad y habilidad para resolver problemas, capacidades que se complementan con el soporte ofrecido en estas áreas por las nuevas tecnologías.

Brynjolfsson y McAfee (2014) coinciden con Autor (2015) en que los trabajos que experimentarán un mayor crecimiento en el marco del nuevo paradigma son aquellos que cuentan con un importante componente creativo, entre los cuales mencionan a la escritura creativa, el desarrollo de emprendimientos y la producción de descubrimientos

científicos. Un rol relevante les cabe también, según estos autores, a los trabajos cuyo eje está puesto en las interacciones sociales (gerentes, vendedores, negociadores, cuidadores, enfermeros, maestros, entre otros) —dado que los robots no cuentan con el tipo de inteligencia emocional necesaria para reemplazar a los seres humanos en este tipo de tareas— y a aquellos relacionados con destrezas físicas y movibilidades. Si bien estos últimos se encuentran entre los que tienen mayor riesgo de ser automatizados —por su carácter rutinario y manual—, los robots no tienen las capacidades necesarias para reemplazar a los seres humanos en tareas que dependen de su experiencia.

La importancia de estos conocimientos personales y procedimentales es lo que, desde la perspectiva de Nübler (2016), permite diferenciar entre las actividades que dentro de una profesión pueden ser automatizadas. El desempeño inteligente de una tarea se basa, en gran parte, en este conocimiento procedimental que se desarrolla a través de la práctica y de la experiencia y que se expresa en el desempeño físico. En el pasado, esto constituía el punto de partida para la automatización, en tanto permitía la imitación de la secuencia física de las acciones. En las tareas cognitivas puras, por su parte, la expresión física no está presente y, por lo tanto, no existe la base anterior para que las máquinas simulen los procedimientos intelectuales, lo cual reduce considerablemente las probabilidades de automatización y computarización.

Ford (2016) discrepa con los autores anteriores y argumenta en la dirección de una pérdida de estos tipos de empleo a medida que se logren avances en los procesos de automatización relacionados, entre otros elementos, con el incremento de la importancia de la conectividad, la informática, la interpretación de los grandes datos por parte de los robots, la internet de las cosas y las impresiones 3D. No obstante, este autor reconoce algunas esferas en las que, si bien los procesos de automatización han logrado un avance considerable, persisten ciertas resistencias asociadas con la incorporación de tecnología que impiden que la caída del empleo haya sido tan amplia como se creía posible. En este grupo Ford (2016) ubica a la educación universitaria y a los trabajadores de la salud.

Las calificaciones y competencias más afectadas por los cambios tecnológicos configuran un panorama específico en términos de los niveles de calidad del empleo que caracterizan a los puestos de los trabajadores que permanecen ocupados. En este marco, mientras

que un grupo más amplio de contribuciones coinciden en señalar los efectos negativos del cambio tecnológico sobre las ocupaciones o tareas que requieren menores calificaciones (Autor y Handel, 2013; Brynjolfsson y McAfee, 2014; Arntz, Gregory y Zierahn, 2016; Nübler, 2016), otros aportes destacan la existencia de oportunidades para la generación de nuevos empleos de escasa calificación como consecuencia de la imposibilidad de automatizar tareas basadas en habilidades derivadas de la experiencia (Berriman y Hawksworth, 2017).

En términos generales, los trabajos revisados coinciden en señalar una tendencia hacia la destrucción de puestos de trabajo en actividades manuales y rutinizadas, las cuales suelen asociarse con menores niveles de formación y calificación relativas (Autor y Handel, 2013). Al respecto, Brynjolfsson y McAfee (2014) sostienen que, como consecuencia de los cambios tecnológicos descritos, se observa un avance hacia el empleo de un pequeño número de diseñadores, creativos e ingenieros que serán los encargados de actualizar los programas de automatización, en detrimento de trabajadores ocupados en actividades rutinarias, tanto manuales como cognitivas. Por su parte, la OIT (2016) sostiene que la automatización de tareas en lugar de ocupaciones completas (Arntz, Gregory y Zierahn, 2016) desarrollará un proceso de complementariedad entre el trabajador y la máquina, en el cual los nuevos robots permitirán aumentar las capacidades cognitivas, participativas y físicas de los trabajadores. Nübler (2016) argumenta en una dirección similar, en tanto afirma que el incremento de la demanda de bienes y servicios personalizados y la difusión de la inteligencia artificial conducirá a un aumento de la importancia de tareas intelectuales y cognitivas puras que ponen en juego capacidades para resolver problemas y para comunicarse interpersonalmente. Así, el empleo tenderá a concentrarse en aquellas tareas que las computadoras no pueden realizar y, por ende, los trabajos se volverán más complejos y de mejor calidad (OIT, 2016).

Por otro lado, Berriman y Hawksworth (2017) sostienen que los ingresos generados a partir de los aumentos de productividad por incorporación de nuevas tecnologías provocan una demanda adicional que redundará en el aumento del empleo en sectores y actividades —tales como salud y otros servicios personales— en los que los robots tienen menos capacidad de reemplazar a los trabajadores. Algo similar ocurre en otras actividades

(reparación, mantenimiento, asistencia domiciliaria) que son de escasa calificación y que presentan importantes limitaciones para la automatización.

Los cambios en las calificaciones y capacidades, así como los incrementos en la productividad que se derivan de las transformaciones tecnológicas recientes también tienen su impacto en los niveles de remuneración de los trabajadores. La supervivencia de los estratos más calificados de empleo, en un contexto de destrucción de puestos de trabajo, implicaría, *a priori*, una mejor remuneración relativa entre quienes permanecen empleados. Al mismo tiempo, vía aumentos en productividad, sería esperable que los cambios tecnológicos impliquen también mejores condiciones salariales. En este sentido, Ford (2016) sostiene que al mismo tiempo que se produce la desaparición de ciertas tareas que aportaban ingresos a la clase media, prolifera un segmento de empleos con mayor remuneración relativa. Este proceso está dando lugar a una polarización de la fuerza de trabajo como consecuencia de una licuación de la clase media (Ford, 2016), donde los trabajos que exigen creatividad y habilidad para resolver problemas son bien remunerados y conviven con otros empleos, de menor calificación relativa que no pueden ser automatizados—no existen incentivos económicos para computarizarlos dada su escasa productividad—ni tampoco son bien remunerados (Brynjolfsson y McAfee, 2014).

Finalmente, es importante considerar los aportes realizados en torno a los cambios en la organización del trabajo que favorecen mejores niveles de calidad del empleo a partir de la introducción de nuevas tecnologías. En este sentido, Brynjolfsson y McAfee (2014) y Ford (2016) sostienen que las transformaciones tecnológicas implican cambios en las formas de organizar la producción y el trabajo, en las técnicas de producción, en los procesos comerciales y en los modelos de negocios. Todas estas cuestiones actúan como complementos que contribuyen a acelerar el progreso en esta era y, entre las principales formas en las que se cristalizan estas interacciones, se encuentran los procesos de deslocalización y fragmentación productiva; este último especialmente motorizado por el sector servicios.

Según Nübler (2016), las tecnologías digitales ofrecen a las empresas oportunidades relacionadas con la descomposición de los puestos de trabajo profesionales, con la digitalización de tareas y con la reubicación de puestos de trabajo, especialmente desde los

países desarrollados a los países en desarrollo. En este contexto, las empresas pueden dividir sus actividades en tareas especializadas –de la misma manera que lo permitía el taylorismo en la fabricación–, y estas actividades pueden subcontratarse en aquellos países en desarrollo donde existen trabajadores altamente calificados que perciben, sin embargo, menores retribuciones que en los países desarrollados. De este modo, incluso es posible la externalización de tareas de servicios de elevada complejidad (Brown y Launder, 2013; Ford, 2016).

Al analizar la relación entre deslocalización y automatización, Ford (2016) argumenta que el primer proceso puede ser precursor del segundo. Prácticamente cualquier actividad –incluso las de elevado nivel de calificación– que esté relacionada con la manipulación de datos y que no posea un fuerte anclaje territorial puede ser deslocalizada desde contextos caracterizados por salarios altos hacia otros en los que los salarios son bajos, y una vez que se corrobora la posibilidad de la deslocalización va de suyo la automatización. Aunque estos procesos de deslocalización podrían verse como una causa de pérdida de empleo, algunos trabajos muestran que, en el marco de cadenas globales de valor, surgen nuevas actividades vinculadas con los servicios orientados a la actividad industrial. Así, el número de puestos de trabajo relacionados con la “servicificación de la manufactura” ha crecido muy rápidamente, y tanto los países desarrollados como los emergentes están siendo beneficiados por esta tendencia (Kizu, Kühn y Viegelhan, 2016).

La nueva ola de fragmentación centrada en los servicios generará una reasignación de tareas entre países desarrollados, emergentes y en desarrollo que, se espera, estará orientada a instalar en los países emergentes –desde los países desarrollados– puestos de trabajo y actividades de servicios con elevados niveles de complejidad tales como I+D, comercialización o finanzas (Nübler, 2016; OIT, 2016). También es esperable que, a partir de esto, se desarrollen lógicas colaborativas sustentadas en la proliferación de herramientas que permitan almacenar grandes cantidades de datos e intervenir en su uso y gestión (*cloudsourcing*) (Ford, 2016). Algunos autores, como Nübler (2016), ven en lo anterior un elemento para avanzar en la formulación de nuevos modelos de negocios que permitan a las empresas acceder a mercados de trabajo globales en busca de especialistas y expertos. Desde esta perspectiva también es posible que las empresas se concentren en sus

actividades principales y tiendan, cada vez con mayor frecuencia, a externalizar las tareas vinculadas con las tecnologías de información en los proveedores especializados de estos servicios (*cloudcomputing*).

Los autores Bergvall-Kåreborn y Howcroft (2014) utilizan la idea de *crowdsourcing* o plataformas de empleo multitudinarias, originariamente acuñada por Howe (2006, citado en Bergvall-Kåreborn y Howcroft, 2014), para dar cuenta de procesos en los cuales las empresas pueden acceder a fuerza de trabajo y experiencia aprovechando la tecnología de internet. Así, en lugar de deslocalizar trabajos físicamente hacia economías de bajo costo, es posible subcontratar a un grupo digital de trabajadores utilizando una red virtual, lo cual permite a las empresas disminuir los costos y eliminar riesgos al utilizar una fuerza de trabajo flexible y escalable que se encuentra fuera de los límites tradicionales de las leyes y convenios laborales. De esta manera, lo que a primera vista se presenta como una posibilidad para generar nuevas actividades, configura dinámicas de relaciones laborales muy alejadas de la dependencia tradicional entre empleado y empleador. Sin embargo, desde la perspectiva de Brynjolfsson y McAfee (2014), estas formas de organización pueden considerarse un elemento relevante para aumentar el valor del trabajo humano en un contexto de fuertes transformaciones derivadas de los cambios tecnológicos recientes.

Las distintas cuestiones retomadas en este apartado, así como también aquellas vinculadas con el impacto del cambio tecnológico sobre el volumen de empleo, median en los efectos que tienen los cambios tecnológicos sobre las lógicas distributivas, aspecto que se retoma a continuación.

CONSECUENCIAS SOCIALES Y DISTRIBUTIVAS¹¹

El análisis presentado en los apartados precedentes pone de manifiesto la existencia de sustanciales consecuencias de los procesos de cambio tecnológico más recientes sobre la distribución del ingreso y la estructura social. Las nuevas capacidades demandadas a los trabajadores para el desarrollo de sus tareas y las posibilidades personales de adaptarse a estas transformaciones generan importantes desajustes entre la evolución tecnológica y el progreso económico-social.

¹¹ Para una interesante discusión de varias de las cuestiones tratadas en esta sección en relación con América Latina, véase Aboal y Zunino (2017).

La polarización de la fuerza de trabajo de la que dan cuenta, entre otros, Autor (2015) y Frey y Osborne (2013), se traduce en una fuerte polarización de la estructura económica y de la estructura social, dados los elevados niveles de concentración de los ingresos en un grupo cada vez más reducido—y capacitado—de trabajadores y propietarios de los medios de producción. Desde la mirada de Brynjolfsson y McAfee (2014), la velocidad con la que se desarrolla la etapa actual de progreso tecnológico ha ampliado considerablemente la brecha entre los que obtienen ganancias y pérdidas económicas en estos procesos. En este marco, Frey y Osborne (2013) aseguran que es esperable cierto grado de resistencia de los trabajadores a la incorporación de nuevas tecnologías o a la adopción de cambios tecnológicos, en tanto esto implica que sus habilidades queden, al menos, desactualizadas y, a partir de esto, sus ingresos se vean sensiblemente reducidos. De acuerdo con estos autores, el *trade-off* entre conservación de los empleos y avance del progreso tecnológico se traduce en una lucha de poder por la distribución de los beneficios derivados de la incorporación de tecnología.

La destrucción de empleo por el cambio tecnológico contribuye al incremento de esta desigualdad a través del reemplazo de una parte de los trabajadores de clase media que poseen elevados niveles de calificación y del estancamiento de los ingresos percibidos por estos sectores. Esta dinámica, retomada en distintos aportes reseñados a lo largo de este documento, da como resultado la desaparición de zonas intermedias de ingresos y la polarización entre trabajadores de alto y bajo nivel adquisitivo.

Ford (2016) sostiene que el avance del proceso de polarización se irá profundizando, por un lado, a medida que la automatización abarque profesiones vinculadas a los ingresos medios de la sociedad; y, por el otro, como consecuencia de la deslocalización de actividades descrita hacia al final del apartado anterior. Por su parte, Frey y Osborne (2013) señalan que la ampliación de la brecha es el resultado de la expansión de la contratación de los trabajadores altamente capacitados, dado un aumento de su productividad a partir de la incorporación de tecnologías que les permiten realizar de manera rápida y eficiente tareas rutinarias.

Siguiendo a Freeman y Pérez (1988), la minimización de estos impactos requiere necesariamente la intervención de mecanismos institucionales que regulen y resuelvan los desajustes generados en la economía y en la sociedad a partir del cambio de paradigma tecnoeconómico. El apartado que sigue plantea algunas cuestiones en esta dirección.

POLÍTICAS QUE MEDIAN SOBRE LOS EFECTOS NEGATIVOS

Las diferentes perspectivas retomadas a lo largo de esta sección avanzan también en el desarrollo de propuestas—coincidentes en algunos casos en el diagnóstico y en la forma de intervención necesaria—que les permitan a las sociedades transitar la actual etapa de cambio tecnológico. En este marco, presentan acciones cuyos objetivos están asociados con la minimización de los efectos negativos del progreso tecnológico y con la realización de distintos tipos de ajustes en las estructuras económica y social, de manera tal que se facilite la adaptación a este nuevo contexto. Lo anterior implica preguntarse si los países serán capaces de activar un proceso de aprendizaje social que conduzca al desarrollo de una nueva “edad de oro de la creación del empleo” a partir de la construcción de nuevas capacidades sociales y de la realización de elecciones sociales y políticas específicas (Nübler, 2016).

Berriman y Hawksworth (2017) le asignan a la intervención estatal un rol central en este proceso como garante de la socialización de las ganancias derivadas del progreso tecnológico. Así, sostienen que se requiere que el Estado articule mecanismos para incrementar las inversiones en educación y capacitación, y para distribuir los beneficios derivados de los incrementos de productividad. Nübler (2016) también adscribe a esta idea; aunque más que al Estado en términos generales, le asigna a las instituciones una tarea preponderante en la distribución de las ganancias asociadas con las mejoras en la productividad. Estas instituciones son necesarias para garantizar que las ganancias obtenidas lleguen también a los trabajadores poco calificados, a los consumidores y a los empresarios creativos, en un contexto en el que el mercado tiende a privilegiar la asignación de beneficios entre los propietarios del capital y de los trabajadores de mayores calificaciones.

Una distribución más igualitaria aumentará el poder adquisitivo y la demanda, y transformará la estructura de esta última. Al mismo tiempo, la redistribución de las ganancias de productividad entre los emprendedores creativos tiene el potencial de apoyar la inversión en nuevas empresas, el desarrollo de nuevos productos y la creación de empleo. Por su parte, en lo que respecta a los trabajadores, el acceso a las ganancias de productividad puede traducirse en jornadas de trabajo más reducidas como medio

para fortalecer los efectos compensatorios por la destrucción de puestos de trabajo (OIT, 2016). La redistribución del tiempo de trabajo entre los trabajadores puede dar lugar a la creación de nuevos empleos y al aumento del tiempo de ocio por ocupado; a su vez, más tiempo de ocio, combinado con el aumento de los ingresos y el poder adquisitivo, podría generar el crecimiento de la demanda en torno a nuevas actividades relacionadas con el esparcimiento.

Nübler (2016) también destaca la centralidad de los procesos de aprendizaje para afrontar la dinámica de cambio tecnológico y posibilitar la incorporación al mercado de trabajo. Ante el dinamismo de las transformaciones tecnológicas y económicas más recientes, los países se enfrentan con la necesidad de generar innovaciones de productos y procesos de cambio estructural. Todo esto interpela a las políticas de educación y formación y las coloca en un lugar central para la reforma de los marcos institucionales y para la creación de las competencias, mentalidades y actitudes necesarias en el marco de transición hacia los nuevos sectores. Hoy, la cuestión principal relacionada con la educación y la formación ya no se refiere a “qué competencias deben ser desarrolladas” sino a “cómo formar la fuerza de trabajo”, cómo desarrollar instituciones que generen la base de conocimientos y capacidades sociales que permitan a la economía crear nuevos puestos de trabajo.

La propuesta de una política pública orientada hacia mayores inversiones en educación y formación que permitan identificar y desarrollar las habilidades que serán necesarias en el nuevo contexto productivo logra amplios niveles de aceptación. Para la OIT (2016) los cambios que se avecinan requerirán de nuevas habilidades y competencias por parte de los trabajadores que deberían ser desarrolladas de manera conjunta entre los sistemas de educación y capacitación y las empresas que demanden estos nuevos recursos. Berriman y Hawksworth (2017) también señalan la necesidad de avanzar en procesos de formación profesional que garanticen el desarrollo de capacidades complejas y que les permitan a los trabajadores estar por delante de los robots.

El debate sobre la necesidad de mayores niveles de formación y educación incluye otra cuestión que es menos enfatizada pero igualmente relevante: la necesidad de generar empleos. En este sentido, Ford (2016) sostiene que en los últimos tiempos se requiere una

cantidad de credenciales para el desarrollo de una actividad que no siempre es necesaria en términos de los conocimientos y capacidades que demanda esa tarea. Así, plantea que aunque sea posible que los trabajadores con una formación adecuada superen a las máquinas en el desarrollo de ciertas tareas, los mayores niveles de formación y titulación no generan ni garantizan la cantidad de puestos de trabajo profesionales, técnicos y directivos que esa fuerza de trabajo con competencias específicas desearía ocupar. De esta manera, el riesgo implícito en esta dinámica de formación y capacitación es que se genere un exceso de fuerza de trabajo altamente capacitada que no pueda ser absorbida por la estructura productiva y del empleo existente.

Otro eje de análisis que plantean los debates más recientes sobre las perspectivas futuras del empleo—al menos con los rasgos que hoy lo definen—es la cuestión de los ingresos básicos como una medida que compense las pérdidas de puestos de trabajo. Los defensores señalan que su implementación permitiría garantizar un nivel de vida mínimo para todas las personas—independientemente de su situación laboral—y mantener los niveles de consumo, lo cual, a su vez, retardaría nuevas pérdidas de empleo asociadas a caídas en la demanda por menores ingresos de los trabajadores. Al mismo tiempo, se espera que los ingresos básicos fortalezcan la posición negociadora de los trabajadores y las cuotas salariales y, al proporcionar una red de seguridad social, generen incentivos para que los trabajadores inviertan en habilidades y competencias que pueden ser muy demandadas en los mercados laborales futuros (Nübler, 2016). Complementariamente, Ford (2016) sostiene que un esquema de estas características tornaría ineficientes mecanismos tales como el salario mínimo y que, en tanto se trata de un ingreso mínimo que complementa los bajos ingresos y que cubre únicamente las necesidades básicas, no deja de representar un incentivo para garantizar la propensión al trabajo. En el otro extremo, según lo planteado por Rotman (2014), quienes rechazan la propuesta de la renta básica centran su argumentación en la resistencia a “renunciar a la posibilidad de que los trabajadores sigan trabajando”. Como alternativa, proponen lo que denominan un “beneficio de ajuste universal básico” que, a diferencia de la renta básica universal, se relaciona con el otorgamiento de beneficios—seguro de ingresos, subsidios de traslado y otras ayudas financieras y formativas— a las personas que buscan nuevas oportunidades de empleo.

Bandholz (2016) plantea otras alternativas en torno a la participación de los trabajadores en la renta que se asocian fundamentalmente con las siguientes cuestiones: la existencia de salarios más altos a través de negociaciones colectivas, la redistribución de la riqueza y de los ingresos a través de políticas tributarias y de gastos, y el aumento de la participación de los trabajadores en la propiedad del capital para garantizar una distribución más equitativa de los ingresos de la industria robótica. Freeman (2015) acuerda con Bandholz (2016) en relación con este último punto y refuerza la argumentación planteando que una mayor participación de los trabajadores en la propiedad de las máquinas reduciría la incidencia de la polarización en torno a la distribución del ingreso, dado que los trabajadores percibirían ingresos tanto por el factor trabajo como por el capital. Bandholz (2016), sin embargo, sostiene que existen importantes limitaciones para el logro de los objetivos planteados a través de la participación de los trabajadores en la propiedad del capital: si los robots compitieran con trabajadores de baja y mediana calificación, el aumento del salario mínimo solo aceleraría e intensificaría la sustitución de la fuerza de trabajo por el capital.

Finalmente, desde una perspectiva distinta que contempla sobre todo la realidad de las economías latinoamericanas, Altenburg, Qualmann y Weller (2001) analizan diferentes medidas que permitirían sostener el ritmo actual de modernización tecnológica al crear puestos de trabajo —o, al menos, sin destruir un número considerable de empleos—. En particular, estos autores dan cuenta de la necesidad de fortalecer a las pequeñas y medianas empresas e incorporarlas a sistemas de producción en un marco de especialización funcional que les permita mejorar los niveles de productividad, potenciar el desarrollo de sectores productivos en los que la región cuenta con ventajas competitivas —ya sean naturales o adquiridas— e incentivar el desarrollo de encadenamientos productivos entre estas actividades. Al mismo tiempo, al igual que Nübler (2016) y otros, los autores ponen de manifiesto la necesidad de mejorar los sistemas educativo y de formación de capacidades, y de dinamizar los procesos de creación de nuevas empresas.

Evidencia empírica sobre la relación entre cambio tecnológico y empleo

A partir de las discusiones y los aportes retomados en las secciones anteriores, una parte importante de los trabajos más recientes que analizan la relación entre cambio tecnológico y empleo buscan medir el impacto del primero sobre la destrucción/creación de puestos de trabajo. Como consecuencia, se ha generado un sustancioso volumen de literatura producida por académicos, pero especialmente a pedido de distintos organismos multilaterales y regionales, que proponen diferentes metodologías para el abordaje de esta relación y con resultados que no necesariamente son similares.

En este marco, en los próximos dos apartados de esta sección se presentan, respectivamente, las metodologías utilizadas y los principales resultados obtenidos en torno a las perspectivas de generación de empleo en distintos países del mundo, a partir de la incorporación de las tecnologías propias del actual paradigma tecnoeconómico. Una síntesis de estas cuestiones se presenta en el cuadro 11 del Anexo. Algunos de los trabajos sintetizados en este cuadro (Autor, Levy y Murnane, 2003; Autor y Hendel, 2013; Frey y Osborne, 2013; Arntz, Gregory y Zierahn, 2016; Berriman y Hawksworth, 2017) están presentes también en el cuadro 1 del Anexo utilizado para la revisión de los aportes conceptuales recientes. A riesgo de ser reiterativos se optó por la inclusión de estos documentos en ambos cuadros dado que, por un lado, la estructura utilizada es diferente en cada caso y, por el otro, los aportes realizados son relevantes tanto conceptual como empíricamente. A nivel regional y en especial de los países seleccionados para referenciar en este estudio en particular, los desarrollos conceptuales y la evidencia encontrada es mucho menor.

Metodologías utilizadas para la aproximación empírica

Varios de los trabajos revisados en la sección anterior, que permiten analizar el impacto del cambio tecnológico sobre el empleo, complementan los desarrollos conceptuales con propuestas metodológicas y análisis empíricos que aportan evidencia sobre uno o varios sectores y países (Comisión Europea, 2013; Autor, Levy y Murnane, 2003; Frey y

Osborne, 2013; Autor y Hendel, 2013; Arntz, Gregory y Zierahn, 2016; Foro Económico Mundial, 2016; Berriman y Hawksworth, 2017). Entre estos últimos, los más analizados han sido los países de la OCDE, tanto por la disponibilidad de información para realizar los estudios, como por la importancia que adquirieron los procesos de cambio tecnológico especialmente en estos países. Como se sostuvo anteriormente, el centro del debate no solo está puesto en la cantidad de empleos que podrían perderse, sino también en sus características.

En relación con esto último, los distintos estudios desarrollan hipótesis sobre la forma en que los procesos de automatización avanzarán sobre el trabajo, diagnostican la probabilidad de destrucción de empleo en contextos sectoriales o nacionales específicos y analizan particularmente el riesgo de automatización que afecta a ciertos empleos en un plazo determinado. Cabe agregar que, si bien estos estudios predicen la aparición de nuevas ocupaciones y de actividades para aquellas ocupaciones hoy existentes, la mayor parte de ellos no logra avanzar en la cuantificación de los efectos que estas nuevas oportunidades de trabajo y empleo tendrán sobre la cantidad de ocupados.

En términos generales, las estrategias metodológicas desarrolladas por estos documentos muestran algunos puntos en común e incluso continuidades, a partir de la discusión entre sí de los resultados encontrados. Las columnas del cuadro 11 del Anexo correspondientes a principales bases conceptuales, metodología y fuentes de información resultan útiles para dar cuenta de las contribuciones en esta dirección.

En primer lugar, es importante mencionar que en los trabajos relevados está presente una amplia discusión sobre la unidad de análisis que se debe considerar para evaluar el impacto de las nuevas tecnologías sobre el empleo. Aunque en todos los casos se reconoce que la incorporación de las tecnologías desarrolladas en el marco del nuevo paradigma tecnoeconómico redundará en destrucción de puestos de trabajo, los resultados alcanzados se modifican según se toman las ocupaciones o las tareas/actividades que componen a esas ocupaciones como unidad de análisis. Al tomar las ocupaciones como punto de partida, se hace necesario establecer las diferentes tareas que las componen. Así se puede avanzar en esta dirección tomando como punto de partida el significado de trabajo, el cual es definido por la OIT (1990) como “un conjunto de tareas y deberes,

realizados o destinados a ser desempeñados por una sola persona, incluso para un empleador o en un trabajo por cuenta propia”. Esta definición permite describir un trabajo por el alcance, la naturaleza y los perfiles de las tareas.

El impacto del cambio tecnológico sobre el empleo también muestra diferencias en términos de las características de las actividades desarrolladas, las cuales se definen por la interacción de rasgos rutinarios/no rutinarios y manuales/cognitivos. Así, las tareas pueden ser rutinarias manuales, rutinarias cognitivas, no rutinarias manuales y no rutinarias cognitivas. Al respecto, históricamente se ha observado que las primeras dos situaciones de empleo se han replegado a medida que fueron avanzando los procesos de automatización, mientras que en los últimos tiempos, con el advenimiento de la inteligencia artificial, los robots y las tecnologías digitales en general, se ven amenazados los otros dos motores del empleo, constituidos por aquellas tareas no rutinarias (Autor, Levy y Murnane, 2003).

En segundo lugar, la mayor parte de los trabajos considerados adoptan un planteo metodológico en el que se articulan herramientas cualitativas y cuantitativas. De esta manera, el uso extendido de bases de datos disponibles o construidas específicamente a los fines de los análisis propuestos se complementa con la información provista por informantes clave o a partir de entrevistas en profundidad, al mismo tiempo que estudios previos relacionados con la temática no solamente son una fuente de consulta en lo conceptual sino también en lo relacionado con el tratamiento de la información.

En tercer lugar, cuando se utilizan planteos empíricos, también suelen compartirse entre estos trabajos las fuentes de información utilizadas. En particular, el *Dictionary of Occupational Titles* (DOT) de Estados Unidos, O*NET —un servicio *online* desarrollado más recientemente por el Departamento de Trabajo de Estados Unidos— y el *Programme for the International Assessment of Adult Competencies* (PIAAC) de la OCDE, son los recursos más utilizados. Todos estos casos hacen posible la realización de estudios que consideran ocupaciones y, en alguna medida, actividades laborales. Mientras que O*NET se presenta como una herramienta superadora para la clasificación de las ocupaciones que en principio se hacía a través de DOT, el PIAAC, por su parte, aporta un conjunto de datos más amplio. Esta base, a diferencia de la O*NET, admite la utilización de distintas

estructuras de tareas dentro de una misma ocupación, en tanto incluye microdatos con información socioeconómica de los individuos y sus calificaciones, competencias, experiencia laboral y tareas desarrolladas.

Así, el trabajo de Autor, Levy y Murnane (2003) se basa en DOT y complementa la información con datos de la Encuesta del Censo y Población. Los trabajos de Frey y Osborne (2013), de Aedo *et al.* (2013), de Apella y Zunino (2017), del Banco Mundial (2016), del Ministerio de Hacienda de la República Argentina (2016) y del Foro Económico Mundial (2016) basan su análisis en O*NET. A su vez, tanto Aedo *et al.* como Apella y Zunino y los estudios del Banco Mundial y del Ministerio de Hacienda argentino complementan dicha información con encuestas de hogares de los países respectivos, a fin de ponderar por el nivel de empleo de las actividades consideradas. Por su parte, el estudio del Foro Económico Mundial suma a la base O*NET información provista por directores de recursos humanos y estrategia de grandes empresas multinacionales, con el objetivo de realizar una clasificación de ocupaciones y familias de ocupaciones. Arntz, Gregory y Zierahn (2016) y Berriman y Hawksworth (2017) analizan la información derivada del PIAAC; en particular, los últimos autores consideran fuentes complementarias para clasificar las ocupaciones y desarrollar los algoritmos necesarios para la obtención de sus resultados. Por otra parte, los estudios de la Comisión Europea (2001) y de Autor y Hendel (2013) se basan en relevamientos específicos, del Observatorio Europeo de Ciencia y Tecnología, en el primer caso, y de la encuesta sobre tareas realizadas en el marco de la Iniciativa de Mejora de Datos de Princeton (PDII). Por último, el trabajo desarrollado por el Global McKinsey Institute (2017) complementa información proveniente del Departamento de Estadísticas Laborales de Estados Unidos con el análisis desarrollado por miembros del instituto a fin de priorizar las diferentes tareas, más que ocupaciones, y de considerar las competencias asociadas a dichas tareas.

Sobre esta base, es posible destacar especificidades relacionadas con la unidad de análisis y la estrategia metodológica desarrollada por los trabajos revisados. En lo que respecta al primero de estos planos, las propuestas de Aedo *et al.* (2013), Frey y Osborne (2013), Banco Mundial (2016), el Ministerio de Hacienda de la República Argentina (2016), Apella y Zunino (2017) y especialmente la Comisión Europea (2001) y el Foro Económico

Mundial (2016) se centran en las ocupaciones, para las que se supone una estructura estable de tareas. El trabajo de Frey y Osborne (2013) considera a las ocupaciones como unidad de análisis; y gran parte de la literatura posterior que propone análisis empíricos lo toma como referencia y enfatiza la relevancia de un enfoque que privilegie información sobre las tareas. En este marco, un grupo importante de los trabajos considerados (Autor, Levy y Murnane, 2003; Autor y Hendel, 2013; Arntz, Gregory y Zierahn, 2016; Berriman y Hawksworth, 2017; Global McKinsey Institute, 2017) se centra en el análisis de las tareas o actividades desarrolladas por los trabajadores—tomando en cuenta incluso el carácter rutinario y manual o cognitivo—. Por su parte, en el caso de la Comisión Europea se analiza el empleo en términos más generales y se retoma la importancia de las especificidades sectoriales en la conformación de la relación capital/trabajo. Por último, el eje del estudio del Foro Económico Mundial (2016) también está puesto en el análisis de ocupaciones específicas y de familias de ocupaciones.

En relación con las estrategias metodológicas adoptadas, en todos los casos está presente el análisis cuantitativo, por lo que las principales diferencias entre sí se construyen a partir de los métodos utilizados para el análisis de la información. Existen dos tipos de estudios que buscan avanzar de alguna manera en las predicciones acerca de lo que sería de esperar en la región, en términos de cantidad y calidad de empleos ante el avance de la digitalización. Por una parte, se encuentran aquellos que, como Aedo *et al.* (2013) y Apella y Zunino (2017) basan sus expectativas sobre el futuro en las tendencias observadas a partir de la evolución de la composición factorial de la función de producción agregada durante las últimas dos o tres décadas en diferentes países, sectores y ocupaciones. En cambio, la mayoría de los trabajos mencionados busca estimar cantidades y porcentajes de empleos que podrían perderse ante el avance de las nuevas tecnologías. Adicionalmente, las técnicas seleccionadas por los distintos autores utilizan desde estadística descriptiva hasta modelos más complejos que permiten la construcción de algoritmos para predecir el efecto de la automatización, la computarización y la digitalización sobre las ocupaciones y tareas desarrolladas por los trabajadores.

En los casos de Aedo *et al.* (2013) y Apella y Zunino (2017), ambos realizados como informes o reportes del Banco Mundial, estudian la composición, en término de tareas, de las

ocupaciones características de diversas economías durante las últimas tres o dos décadas, respectivamente. En el primero de ellos se toma como referencia a la economía estadounidense, para comparar con otros treinta países, varios de ellos latinoamericanos, entre los que se encuentran México y Brasil. Se realizan dos tipos de análisis, uno de corte transversal, considerando las diferencias en los ingresos per cápita entre las economías analizadas, y el otro para aquellos casos en los que se dispuso, además, de series a lo largo de tres décadas. En el segundo, se estudia la evolución de la composición de tareas para la Argentina y Uruguay durante las últimas dos décadas, así como el origen de los cambios intraocupacionales, interocupacionales o intersectoriales.

En lo que refiere a los estudios que buscan predecir los efectos del cambio tecnológico en términos de porcentajes o cantidades de puestos, el Foro Económico Mundial (2016) realiza un análisis descriptivo y aplica una fórmula de media aritmética ponderada para estimar los cambios en el empleo en general y en distintas familias de puestos en particular entre 2015 y 2020. En el estudio de Global McKinsey Institute (2017), el énfasis se encuentra en las actividades o tareas laborales y en las competencias requeridas para su desempeño, y se examinan más de dos mil actividades que se desarrollan en 800 profesiones en los Estados Unidos. A fin de realizar las predicciones específicas, este instituto considera la composición sectorial de los países, así como la estructura en términos de calificaciones y funciones que desempeñan quienes trabajan en dichos sectores. Estas consideraciones llevan a que exista una distancia de más de 15 puntos porcentuales entre diversos países en lo que refiere a su potencial de automatización. En el otro extremo, los trabajos de Autor, Levy y Murnane (2003) y Frey y Osborne (2013) –los cuales fueron tomados como ejemplo para gran parte de los estudios mencionados– utilizan modelos económicos basados en una función de producción agregada de tipo Cobb-Douglas –que supone rendimientos constantes a escala y elasticidad de sustitución constante e igual a 1 entre los factores– para predecir la forma en la que el precio del capital informático condiciona la demanda de tareas en el lugar de trabajo, en el primero de los casos, y la probabilidad de computarización de las ocupaciones en Estados Unidos, en el segundo. En el trabajo de Frey y Osborne (2013) se emplea un proceso de clasificación gaussiano de las ocupaciones. El trabajo del Banco Mundial (2016) sobre dividendos digitales emplea en su estimación las probabilidades de automatización sin ajustar y ajustadas.

Las probabilidades de automatización no ajustadas corresponden a las estimadas por Frey y Osborne (2013), ponderadas por el nivel de empleo de las actividades consideradas según las encuestas de hogares en cada país. Las probabilidades ajustadas contemplan, a su vez, diferencias en el ritmo de adopción tecnológica en los países, utilizando el retardo de adopción de tecnologías de Comin y Mestieri (2013). Para el caso argentino, el estudio del Ministerio de Hacienda (2016) aplica la metodología de dividendos digitales sin aplicar el ajuste por retardo tecnológico, y utilizan una versión más reciente de la encuesta de hogares argentina, por lo que sus resultados se asimilan, aunque no coinciden totalmente, con los estimados por el Banco Mundial (2016).

Con una lógica similar a las anteriores, Arntz, Gregory y Zierahn (2016) clasifican las tareas detalladas en la PIAAC empleando los dos primeros dígitos de la clasificación estándar de ocupaciones. Por su parte, Berriman y Hawksworth (2017) recrean la base desarrollada por Arntz, Gregory y Zierahn (2016) y utilizan el Censo Económico de Estados Unidos para ubicar las ocupaciones descritas por Frey y Osborne (2013) en los códigos de la clasificación estándar internacional de ocupaciones. Con esta base expandida replican el algoritmo de Arntz, Gregory y Zierahn (2016) y a través de este procedimiento replican la probabilidad de automatización en Estados Unidos de acuerdo a la información de PIAAC. Luego, utilizan nuevos predictores para mejorar el algoritmo considerado en el estudio original y recalibran el modelo para aplicarlo al conjunto de países de la OCDE.

En este último caso, pero también en las cuestiones planteadas anteriormente, se pone de manifiesto la interrelación entre los estudios empíricos realizados, pero—como se verá más adelante—las diferencias metodológicas, que en algunos casos parecen sutiles, conducen a distintos resultados derivados del análisis de la relación entre cambio tecnológico y empleo.

Principales resultados de los estudios empíricos a nivel internacional

Sobre la base de las metodologías ya reseñadas, es posible confrontar la evidencia empírica obtenida y las conclusiones a las que arriban diferentes trabajos, que pretenden

predecir el impacto del cambio tecnológico sobre el empleo. Los elementos principales en esta dirección se sintetizan en la última columna del cuadro II del Anexo.

Previo a la presentación de los resultados es necesario señalar que, mientras que algunos estudios se concentran en el análisis de un país o de un conjunto reducido de economías sobre las cuales se cuenta con la información necesaria, otros, en cambio, son más abarcativos. Esto, sumado a las diferencias de abordaje metodológico y de técnicas utilizadas que se detallaron previamente, dificultan la comparación lineal de los resultados y, por el contrario, la interpretación requiere considerar los contextos productivos y de generación e incorporación tecnológica específicos en los que se enmarca cada estudio.

Teniendo en cuenta esta salvedad, una primera conclusión que surge de los trabajos empíricos revisados es que el actual proceso de cambio tecnológico tiene –y seguirá teniendo– importantes efectos sobre la dinámica del empleo, tanto en lo que respecta a su volumen como a su calidad. Sin embargo, existen diferencias entre los distintos trabajos vinculadas con la profundidad de esos impactos, especialmente cuando se considera la extensión en la destrucción de empleo.

Tres de los trabajos considerados (Frey y Osborne, 2013; Arntz, Gregory y Zierahn, 2016; Berriman y Hawksworth, 2017) realizan estimaciones acerca de la probabilidad de automatización de las ocupaciones y de las tareas desarrolladas. Tanto en Estados Unidos como en el Reino Unido, las estimaciones realizadas por Frey y Osborne son las que muestran un mayor riesgo de automatización de las ocupaciones. En tanto se concentran exclusivamente sobre las tareas –y en este sentido trabajan con datos más desagregados–, Arntz, Gregory y Zierahn sitúan sus resultados en el extremo opuesto. El trabajo de Berriman y Hawksworth se ubica en una situación intermedia, reflejando la incidencia de un abordaje que complementa a las dos perspectivas anteriores.

Al analizar el riesgo de automatización de las ocupaciones, Frey y Osborne (2013) encuentran que el 47% de estas podrá ser computarizada en un horizonte temporal que llega hasta el año 2030. Desde una perspectiva diferente, Arntz, Gregory y Zierahn (2016) sostienen que las estimaciones de Frey y Osborne están sobredimensionadas y que, aun en las ocupaciones más perjudicadas, es posible encontrar tareas que son difíciles de automatizar.

En un marco en el que se proponen estimar la probabilidad de automatización en 21 países de la OCDE y ofrecer una discusión más abarcativa sobre los posibles procesos de ajuste de las firmas y de los trabajadores frente a la automatización y la digitalización, estos autores encuentran que solo el 10% de los empleos de Estados Unidos posee un elevado riesgo de ser destruido como consecuencia de la incorporación de tecnologías. Sobre la base de las dos contribuciones anteriores, Berriman y Hawksworth (2017) analizan la pérdida potencial de empleo considerando especificidades nacionales y por sector de actividad. En particular, señalan que hacia el año 2030 los empleos con alto riesgo de automatización darían cuenta del 30% de los puestos de trabajo en el Reino Unido, del 38% en Estados Unidos, del 35% en Alemania y del 21% en Japón.

Apuntando a un horizonte temporal mayor, y enfatizando en las tareas o actividades más que en las profesiones u ocupaciones, el informe del Global McKinsey Institute (2017) estima que, si se adoptan las tecnologías probadas hasta el momento, el 49% de las actividades que son remuneradas en la economía global—sobre la base de 45 economías que nuclean al 80% de la fuerza laboral— tienen el potencial de ser automatizadas hasta el año 2055, con un error de predicción de estos escenarios que puede rondar los veinte años aproximadamente. Sin embargo, este instituto señala que aunque menos del 5% de las profesiones pueden ser totalmente automatizadas, debe considerarse que cerca del 60% tienen, por lo menos, un 30% de actividades automatizables, a la vez que aclara que el grado de potencial de automatización varía considerablemente entre los sectores de actividad y entre países. Para quienes elaboraron este informe, las tareas susceptibles de automatización involucran actividades físicas en entornos altamente estructurados y predecibles, y aquellas vinculadas con la recopilación y procesamiento de datos. Para el caso de Estados Unidos estas actividades constituyen el 51% de las actividades económicas.

Si bien en todos los países existen actividades con alta probabilidad de ser automatizadas, se destaca como particularmente riesgosa la situación de China, India, Japón y los Estados Unidos, dado que, en conjunto, estas economías abarcan a casi dos tercios del número de empleados asociados con actividades que son actualmente automatizables con la tecnología disponible. No obstante, el hecho de que en algunos de estos casos los salarios pagados por estas actividades sean relativamente menores afectará, muy

probablemente, el ritmo que tomará la automatización, al evaluar costos y beneficios diferenciales que esta implicará. A lo anterior, se suman las diferencias en la viabilidad técnica de aplicación de las nuevas tecnologías, el costo de implementar las nuevas soluciones y las dinámicas de los mercados laborales en cada caso.

Es interesante remarcar que las predicciones realizadas por este estudio no necesariamente deben asociarse a excedentes de mano de obra, dado que simultáneamente se darán importantes procesos de envejecimiento poblacional y de nuevas complementariedades entre las personas y las máquinas.

Desde una perspectiva diferente, los trabajos de la Comisión Europea (2001) y del Foro Económico Mundial (2016) también dan cuenta de este impacto negativo del cambio tecnológico sobre la cantidad de empleo y, aun más, sobre la posibilidad de generar nuevos puestos de trabajo relacionados con las nuevas tecnologías. En particular, el reporte del Foro Económico Mundial (2016) señala que, de sostenerse las tendencias actuales, el impacto neto sobre el empleo sería de una pérdida total de 7,1 millones de puestos.

La compensación generada a través de las posibilidades de crear nuevos empleos que reemplacen a aquellos que se pierden es un factor que se retoma también con cierta recurrencia entre los trabajos revisados, aunque, como se mencionó previamente, con excepción del Foro Económico Mundial (2016),¹² en el resto de casos no se presentan datos que avalen la relevancia de este fenómeno. En particular, el reporte de la Comisión Europea (2001) señala que la destrucción de ocupaciones será compensada, en el largo plazo, por la creación de puestos derivada del aumento en el consumo interno de los nuevos bienes y del aumento de las exportaciones a partir de ganancias logradas en la competitividad.

En lo que refiere específicamente a la Argentina, del estudio sobre dividendos digitales del Banco Mundial (2016) surge que, si bien este país no se ubica entre los treinta primeros que evidencian mayor riesgo de automatización cuando se analizan las probabilidades mundiales a partir de los valores estimados sin ajustar por viabilidad tecnológica y posibilidades de adopción, queda primera en el *ranking* cuando se aplica este ajuste por viabilidad. En comparación con otros países de América Latina y el Caribe, la Argentina se

¹² En este caso, se estima que como consecuencia de los cambios tecnológicos se crearán alrededor de 2 millones de puestos de trabajo, lo cual compensará solamente en parte a la pérdida estimada en más de 7 millones. En este marco, la generación de empleo se concentraría en actividades relacionadas con la computación, la matemática, la arquitectura y la ingeniería.

encuentra dentro de los cuatro países con menor participación del empleo susceptible de ser automatizado sin ajustar. Sin embargo, al realizar los ajustes mencionados se posiciona como el primero con mayor participación del empleo pasible de automatización, con el 64% de los puestos en esta condición. El caso de Uruguay es muy similar, ya que pasa a ocupar el segundo lugar luego del ajuste, junto a Croacia, con cerca del 63% de los puestos en riesgo. Lo anterior puede interpretarse como una manifestación de las altas posibilidades de adopción de las tecnologías disponibles en ambos países, frente al resto de los analizados.

Los valores estimados por el Ministerio de Hacienda para la Argentina son muy similares aunque ligeramente inferiores a los mencionados en el párrafo anterior (62%), dado que, para la estimación del porcentaje de empleos susceptibles de ser automatizados, se utilizó una publicación más actualizada de la Encuesta de Hogares que la empleada para el trabajo anterior.

En el marco de estos resultados generales, algunos de estos trabajos coinciden en señalar la importancia de las especificidades sectoriales. En particular, el análisis de la Comisión Europea (2001) señala que el efecto del cambio tecnológico sobre el empleo no puede analizarse sin tener en cuenta las características de la estructura productiva que define especificidades en términos de la relación capital/trabajo en las actividades más importantes de la economía. Como consecuencia de lo anterior, las posibilidades de automatización no son iguales en todas las ocupaciones y actividades, y el efecto sobre el empleo es particular en cada caso. Así, por ejemplo, el reporte del Foro Económico Mundial (2016) sostiene que dos tercios de los empleos que podrían perderse están concentrados en puestos de oficina y administrativos. Para Frey y Osborne (2013), por su parte, las ocupaciones más afectadas estarán vinculadas con la producción, el transporte, la logística y las actividades administrativas, al mismo tiempo que destacan que también podrían ser computarizadas ciertas ocupaciones en servicios, ventas e incluso construcción. En tanto, según Berriman y Hawksorth (2017), los mayores riesgos estarían concentrados en el transporte y almacenamiento (56%), la manufactura (46%) y la venta mayorista y minorista (44%). En el extremo opuesto se encuentran los sectores vinculados con la salud y el trabajo social (17%).

Para el caso de la Argentina, el trabajo del Ministerio de Hacienda (2016), además de realizar la estimación de la probabilidad de computarización del empleo sobre la economía en su conjunto, amplía el análisis detallando las probabilidades para las ramas de actividad económica según el Clasificador de Actividades Económicas del Mercosur a nivel letra y a dos dígitos. Luego se considera la relevancia de dichas probabilidades en función de la participación en el empleo de estas ramas. Así, por ejemplo, las probabilidades de computarización del empleo para las ramas de actividad a nivel letra se posicionan entre el 24% y el 77%. La rama enseñanza es la de menor probabilidad, seguida por salud humana y servicios sociales (41%). Por otro lado, las ramas con mayor probabilidad de computarización del empleo son comercio al por mayor y al por menor y reparación de vehículos automotores y motocicletas (77%),¹³ y transporte y almacenamiento (76%). Dado que las estimaciones a nivel intrarrama muestran diferencias significativas, se considera fundamental profundizar, en estudios futuros, el análisis con un nivel de desagregación mayor de las ramas de actividad.

Cuando el eje de análisis empírico se traslada a otro tipo de impactos—el tipo de ocupaciones afectadas, el nivel de calificación de los trabajadores y las remuneraciones, entre otros— los consensos entre los autores reseñados son mayores que en el caso anterior.

En lo que respecta al tipo de ocupaciones, la mayor parte de los trabajos analiza las posibilidades de automatización considerando el carácter rutinario/no rutinario y cognitivo/manual de las tareas desarrolladas. El texto de Autor, Levy y Murnane (2003) es pionero en la primera de estas caracterizaciones, y sus conclusiones son un punto de partida retomado por todos los aportes considerados en este documento. Así, estos autores señalan que las posibilidades de sustitución son mayores en aquellos casos en los que las tareas desarrolladas son rutinarias, esto es, que pueden describirse fácilmente a partir de reglas programadas. Por el contrario, cuando las tareas desarrolladas son cognitivas no rutinarias lo que tiene lugar preponderantemente son procesos de complementariedad entre tecnologías de información y trabajadores. En 2013, Autor y Hendel retomaron estos aportes para sostener la conformación heterogénea de las ocupaciones en términos de tareas y la estrecha relación entre el desarrollo de tareas analíticas, rutinarias y manuales y las características de los trabajadores.

¹³ Ambas ramas de actividad son muy importantes en la estructura del empleo en la Argentina, en tanto concentran una proporción significativa de los puestos de trabajo formales.

Respecto de esto último, Frey y Osborne (2013) afirman que aunque la digitalización ha permitido importantes avances en la automatización de tareas cognitivas no rutinarias a partir de la codificación del conocimiento, persisten cuellos de botella en estos procesos que se asocian con la posibilidad de computarizar, en los próximos diez o veinte años, tareas asociadas con la percepción, la manipulación, la creatividad y la inteligencia social.

Los estudios de Aedo *et al.* (2013) y Apella y Zunino (2017), por su parte, incluyen a varias economías latinoamericanas; en ese marco, tanto en el estudio de la Argentina y Uruguay, como en el caso brasileño, se observa una tendencia creciente en la intensidad de tareas de carácter no rutinario cognitivo, analíticas e interpersonales. Sin embargo, también se da un aumento en la presencia de tareas de carácter cognitivo rutinario. Esto último es diferente a lo sucedido, por ejemplo, en Estados Unidos y en otros países desarrollados. A su vez, las tareas manuales, tanto rutinarias como no rutinarias, presentan una participación decreciente en las funciones de producción de los países, a medida que crecen los niveles de ingreso per cápita. Esta tendencia a la disminución en la relevancia relativa de tareas manuales no rutinarias, así como el aumento en las cognitivas rutinarias observado en la Argentina, Uruguay y Brasil, parecen ir en contra de las predicciones que al respecto se hacen desde los diferentes análisis que han sido mencionados en este documento. De hecho, los autores de estos trabajos advierten sobre la particularidad de esta última tendencia encontrada en la Argentina, Uruguay y Brasil, que da cuenta del aumento en la participación de tareas de carácter cognitivo rutinario –usualmente desempeñadas por cajeros de banco, operadores telefónicos, secretarios y técnicos, entre otros–, e identifican como posible causa de ello los bajos salarios relativos que aún reciben quienes desempeñan estas actividades en los países estudiados. A la vez, en el caso de la Argentina y Uruguay, se concluye que las tendencias observadas responden en mayor medida a cambios en la organización interna de cada ocupación y a movimientos de la fuerza de trabajo entre ocupaciones, pero no tanto a movimientos de la fuerza de trabajo entre sectores de actividad, aunque en alguna medida repercute el aumento en la participación de servicios frente a la industria manufacturera.

Las contribuciones recogidas en el cuadro 11 del Anexo también aportan evidencia relacionada con el efecto de los cambios tecnológicos sobre trabajadores que tienen

distintos tipos y niveles de calificaciones. En general, todos los trabajos sistematizados sostienen que las tareas que poseen mayores probabilidades de ser automatizadas son aquellas que requieren menores niveles de calificación relativa. Por ende, los trabajadores menos calificados son los que se encuentran en mayor riesgo de ser reemplazados ante la incorporación de nuevas tecnologías (Frey y Osborne, 2013; Arntz, Gregory y Zierahn, 2016; Berriman y Hawksworth, 2017). Al mismo tiempo, trabajos como el de la Comisión Europea (2001) y el del Foro Económico Mundial (2016) coinciden en señalar que los cambios tecnológicos en curso demandan nuevos perfiles de calificaciones y competencias, por lo que los niveles de educación y la posibilidad de formarse se convierten en un activo fundamental de los trabajadores bajo el nuevo paradigma tecnoeconómico. El primero de estos trabajos también destaca la necesidad de contar con nuevas estructuras de trabajo —caracterizadas, entre otras cuestiones, por niveles crecientes de flexibilidad y participación de los trabajadores— que permitan responder a las transformaciones productivas derivadas de las nuevas formas de organización de la producción (Comisión Europea, 2001).

A modo de conclusión: la necesidad de nuevos aportes

A lo largo de la historia se han sucedido un conjunto de transformaciones tecnológicas cuyas consecuencias imprevistas suscitaron la preocupación de los sectores sociales vinculados al trabajo, sobre todo de aquellos cuyo empleo se veía amenazado por la incorporación de esas nuevas tecnologías. Tal vez el caso más emblemático al respecto es el movimiento ludista de principios del siglo XIX, que expresó su resistencia al advenimiento de las nuevas tecnologías destruyendo las máquinas. No obstante, parte de la teoría económica ha mostrado que existe un proceso de cambio tecnológico que contempla la destrucción y creación de empleo. Esta dinámica implica cambios fundamentales y transformacionales que han sido descritos por Schumpeter como un proceso de destrucción creativa. Las consecuencias imprevistas originadas por las olas pasadas del cambio tecnológico desencadenan procesos de aprendizaje social y establecen nuevas opciones

sociales y políticas (Nübler, 2016). Este elemento dinámico de destrucción-creación es central para el actual debate sobre el futuro del empleo y conlleva a una pregunta sobre las posibilidades de reiteración histórica de los procesos socioeconómicos.

A lo largo de este documento se ha realizado una revisión sobre distintas contribuciones conceptuales, metodológicas y empíricas que pretenden dar cuenta del impacto de los cambios tecnológicos recientes —especialmente la digitalización— sobre los niveles y las características del empleo demandado.

En la primera sección de este trabajo el énfasis estuvo puesto en la comprensión de los factores que impulsan los procesos de cambio tecnológico y, en particular, en la caracterización de las transformaciones ocurridas en las últimas cinco décadas. De esta manera, es posible sostener que el actual paradigma tecnoeconómico presenta un conjunto de rasgos —entre ellos, la importancia que adquiere el conocimiento como factor productivo, la velocidad de los procesos innovativos y la reconfiguración de las estructuras de organización de la producción tradicionales— que inciden tanto en la dinámica de producción de conocimientos y generación de capacidades, como en las posibilidades de generar empleo en la cantidad necesaria para ocupar a la población. En este marco, se destacó la relevancia de los avances complementarios entre tecnología y condiciones institucionales, de modo tal que se minimicen los desajustes —desempleo tecnológico, por ejemplo— asociados con la incorporación de nuevas tecnologías.

En la segunda sección se presentó una reseña de distintos aportes teóricos orientados a comprender aspectos específicos de la relación entre cambio tecnológico y evolución del empleo. Se partió de las contribuciones realizadas por distintas escuelas de pensamiento económico, desde los clásicos hasta las visiones neoschumpeterianas y neoestructuralistas. En este último marco, se recuperaron elementos que permiten argumentar acerca de la relevancia de las especificidades sectoriales y de los contextos productivos nacionales en el análisis de esa relación. Asimismo, se revisó una importante cantidad de trabajos que, desde distintas perspectivas teóricas y pertenencias institucionales, fundamentaron la existencia de efectos negativos de la automatización y la computarización sobre el empleo. Tal como se puso de manifiesto, esta dinámica no comprende solo al volumen de empleo potencialmente generado, sino también a otros

aspectos que se asocian con el tipo de tareas realizadas, los niveles de calificaciones requeridos, las formas de organización productiva y las lógicas de distribución de ganancias de productividad. Como cierre, se presentaron algunas acciones de política pública que se proponen para morigerar los impactos negativos derivados de los procesos de modernización.

Finalmente, en la tercera sección, se realizó una revisión orientada a complementar los aportes anteriores con evidencia empírica derivada de estudios realizados a nivel internacional, con base en información disponible. Previo a la presentación de resultados, se avanzó en la sistematización de las principales metodologías utilizadas en los distintos trabajos, de lo cual proviene la importancia de complementar herramientas cuantitativas y cualitativas que permitan abordar integralmente la complejidad de los procesos de automatización.

Pese a que, como lo muestra este trabajo, el recorrido realizado en la comprensión de esta relación es extenso, tres elementos centrales se conjugan para argumentar en favor de la necesidad de trabajos adicionales con abordajes conceptuales y metodológicos innovadores. Estos son: la especificidad de los cambios tecnológicos recientes que ameritan sostener la emergencia de un cambio paradigmático; la existencia de una heterogeneidad importante entre las estructuras productivas nacionales, rasgo que por supuesto comprende las particularidades de las estructuras de los países de América Latina en general y los procesos de generación e incorporación de tecnología en particular; y la existencia de inercias institucionales que retrasan no solo la difusión de tecnología sino principalmente la distribución equitativa de sus beneficios. Todo esto hace que, a pesar de la evidencia existente, la comprensión acabada de la medida en la que el cambio tecnológico resuelve o acentúa problemas de empleo en la región requiera estudios en profundidad.

Es en este marco que las experiencias que se examinan en la serie “El futuro del trabajo” adquieren particular relevancia. Por una parte, porque la metodología de estudios de casos es altamente propicia para lograr profundidad analítica, complementando los hallazgos tendientes a las generalizaciones que aportan usualmente los estudios basados en datos agregados. Por la otra, porque si bien se trata de un número reducido de casos, proveen una base interesante para el examen comparado de aspectos centrales a la temática

en cuestión. Finalmente, desde el punto de vista conceptual, porque al abordar la relación entre cambio tecnológico y dinámica de empleo enfatizando la tendencia en expansión hacia la organización en red de la producción de bienes y servicios –y de la producción de conocimiento que la nutre– favorece una visión más integral del impacto de las nuevas tecnologías en la creación o destrucción de empleo que incluye, entre sus dimensiones más significativas, las consecuencias distributivas de dicho impacto y las tendencias de cambio en las configuraciones productivas.

ANEXO

Cuadro I Síntesis de trabajos que aportan a la discusión de la relación entre cambio tecnológico y empleo

Autores / año de publicación	Palabras clave	Objetivos del trabajo	Principales conclusiones	Otros aportes
Attenburg, Qualmann y Weller (CEPAL) [2001]	<ul style="list-style-type: none"> › Modernización › Empleo › Desarrollo 	<p>El artículo indaga fórmulas para dar continuidad con el proceso de modernización económica que se reconoce como indispensable para ganar competitividad internacional, al tiempo que se generan más y mejores puestos de trabajo. Se parte de reconocer que la generación de empleo sostenible en el marco de apertura económica mundial solo es sostenible si las actividades económicas son competitivas en el largo plazo.</p>	<p>Luego de discutir las principales opciones para modernizar la producción en diálogo con la creación de puestos de trabajo en mayor volumen y de más alta calidad, identifica tres formas relevantes para alcanzar dicha meta: i) el fortalecimiento de pequeñas y medianas empresas en complementariedad con los sistemas de producción con especialización funcional que permita mejorar la productividad; ii) el fortalecimiento de la industria maquiladora con el objetivo de aprovechar ventajas regionales en términos de costo laboral; y iii) el estímulo a la dinamización recíproca de los distintos sectores productivos (primario, industrial y de servicios) encadenados hacia adelante y atrás. Asimismo, se destaca una serie de políticas complementarias que pueden potenciar la creación de empleo en el marco del cambio estructural, que van desde la flexibilización cautelosa de los mercados de trabajo y el mejoramiento de la educación, hasta la creación de empresas.</p>	<p>Es un trabajo crítico de las propuestas simples de reforma formuladas bajo el Consenso de Washington.</p>
Arntz, Gregory y Zierahn [2016]	<ul style="list-style-type: none"> › Tareas › Tecnología › Ocupaciones 	<p>El trabajo pretende, por un lado, estimar la probabilidad de automatización de los trabajos en 21 países de la OCDE con base en el enfoque de las tareas; y, por el otro, aportar a la discusión respecto del riesgo de la computarización y ofrecer una discusión más abarcativa sobre los posibles procesos de ajuste de las firmas y de los trabajadores frente a la automatización y la digitalización.</p>	<p>En relación con el primero de los objetivos, los autores encuentran que los trabajos automatizables son muchos menos que los señalados por Frey y Osborne (2013), con heterogeneidades entre países que se asocian a la organización del trabajo, a las inversiones en tecnología y a los niveles educativos de los trabajadores. En términos de aporte a la discusión, los autores argumentan que el porcentaje estimado de trabajos en riesgo no debe ser igualado a las pérdidas reales o esperadas de empleos asociadas con el avance tecnológico por tres cuestiones: i) porque la utilización de las nuevas tecnologías es un proceso lento; ii) aun cuando las nuevas tecnologías son introducidas, los trabajadores pueden ajustarse a las dotaciones tecnológicas a través del cambio de tareas que prevengan el desempleo tecnológico; y iii) el cambio tecnológico también genera empleos adicionales a través de la demanda por estas nuevas tecnologías y por mayor competitividad.</p>	<p>El texto discute con los estudios de Frey y Osborne (2013) a partir de analizar un impacto de la tecnología, no en las ocupaciones sino en las tareas. Así, la automatización tiene impactos sobre la organización de las tareas al interior de las ocupaciones, lo que produce cambios en las formas en que estas se relacionan. Estos cambios impactan en mayor medida sobre trabajadores menos calificados y de menor productividad.</p>

[cont.]

Autores / año de publicación	Palabras clave	Objetivos del trabajo	Principales conclusiones	Otros aportes
Arthur (2011)	<ul style="list-style-type: none"> › Tecnología › Evolucionista › Sistemas complejos › Nuevas tecnologías 	<p>Pretende explicar qué es la tecnología, construir una teoría sobre ella y sobre cómo esta evoluciona. Se pregunta cómo emergen las nuevas tecnologías transformadoras y ofrece una respuesta a la pregunta acerca de por qué algunas culturas tales como el Silicon Valley o Cambridge (Inglaterra), en la década de 1920, son tan extraordinariamente inventivas.</p>	<p>Ha descubierto que en lugar de surgir de los momentos de perspicacia del genio individual, las nuevas tecnologías surgen en un proceso similar a la evolución. Enfatiza que las nuevas tecnologías surgen de la combinación de las existentes (enfoque evolucionista tradicional), pero agrega que también contribuye la constante captación y aprovechamiento de los fenómenos naturales.</p>	<p>Se enmarca en el enfoque de sistemas complejos y enfatiza las no linealidades en el proceso de aparición de nuevas tecnologías.</p>
Autor (2015)	<ul style="list-style-type: none"> › Automatización › Polarización › Complementariedad 	<p>Identifica las razones por las que la automatización no ha borrado la mayoría de los puestos de trabajo a lo largo de las décadas y siglos, tal como se preveía. Ofrece algunas pruebas sobre la polarización de salarios y argumenta que es poco probable que esta polarización continúe en el futuro previsible.</p>	<p>Sostiene que la interacción entre máquina y la ventaja comparativa humana permite que las computadoras sustituyan a los trabajadores en la realización de tareas rutinarias y codificables, amplificando al mismo tiempo la ventaja de los trabajadores en el suministro de habilidades para resolver problemas, adaptabilidad y creatividad. La frontera de automatización está avanzando rápidamente, y los retos para sustituir trabajadores por máquinas en tareas que requieren flexibilidad, juicio y sentido común siguen siendo inmensos. Se enfatiza que los puestos de trabajo se componen de tareas y que, si bien la automatización y la informatización pueden sustituir, la comprensión de la interacción entre la tecnología y el empleo requiere pensar además en el rango de las tareas relacionadas con los puestos de trabajo, y cómo el trabajo humano puede complementar a menudo la nueva tecnología.</p>	<p>Se requiere reflexionar sobre las elasticidades, el precio de diferentes tipos de productos y sobre la respuesta de la oferta de mano de obra ante los avances. Sostiene que las computadoras sustituyen a los trabajadores en la realización de tareas rutinarias y codificables, amplificando al mismo tiempo la ventaja de los trabajadores en el suministro de habilidades para resolver problemas, adaptabilidad y creatividad. La frontera de automatización está avanzando rápidamente, y los retos para sustituir trabajadores por máquinas en tareas que requieren flexibilidad, juicio y sentido común siguen siendo inmensos. Plantea que más allá de la abundancia que las nuevas tecnologías podrían permitir, es necesario plantearse el problema de la distribución de los beneficios.</p>

[cont.]

Autores / año de publicación	Palabras clave	Objetivos del trabajo	Principales conclusiones	Otros aportes
Autor y Hendel [2013]	<ul style="list-style-type: none"> › Capital humano › Tareas › Salarios 	<p>Analiza para afrontar dos limitaciones de estudios previos: la falta de estructura conceptual para realizar el mapeo económico entre las tareas, características de los empleos, el capital humano y su retorno salarial, y la falta de datos para analizar la relación entre tareas, educación y salarios a nivel de individuos.</p>	<p>Documenta que las tareas analíticas, rutinarias y manuales, que pueden ser medidas con gran validez, varían sustancialmente dentro y entre las ocupaciones y están significativamente relacionadas con las características de los trabajadores. Estas tareas son sólidamente predictivas de las diferencias salariales entre ocupaciones y entre los trabajadores de la misma ocupación. Se ofrece un marco conceptual que hace explícitos los vínculos causales entre las dotaciones de capital humano, la asignación ocupacional, las tareas laborales y los salarios.</p>	<p>Sostiene que tanto el DOT como el O*NET proporcionan información sobre las características del trabajo solo a nivel de ocupaciones y no de trabajadores.</p>
Autor, Levy y Murnane [2003]	<ul style="list-style-type: none"> › Tecnología › Informática › Tareas rutinarias › Tareas cognitivas › Complementariedad 	<p>Formaliza y pone a prueba una teoría simple de cómo la rápida adopción de la tecnología informática, impulsada por marcadas reducciones de sus precios relativos, cambia las tareas realizadas por los trabajadores en sus puestos de trabajo y, en última instancia, la demanda de habilidades humanas.</p>	<p>Concluye que la tecnología informática sustituye a los trabajadores en la realización de tareas rutinarias que pueden describirse fácilmente con reglas programadas, complementando a los trabajadores en la ejecución de tareas cognitivas no rutinarias, que exigen flexibilidad, creatividad, capacidades generalizadas de resolución de problemas y comunicaciones complejas. A medida que el precio del capital informático cayó precipitadamente en las últimas décadas, estos dos mecanismos (sustitución y complementariedad) han elevado la demanda relativa de trabajadores que tienen una ventaja comparativa en tareas no rutinarias, en general, aquellos con estudios universitarios.</p>	<p>Al traducir los cambios de tareas a la demanda de educación, el modelo puede explicar el 60% del desplazamiento relativo estimado de la demanda que favorece el trabajo universitario entre 1970 y 1998. Los cambios de tareas dentro de ocupaciones nominalmente idénticas representan casi la mitad de este impacto.</p>
Bergvall-Kåreborn y Howcroft [2014]	<ul style="list-style-type: none"> › <i>Crowdsourcing</i> › Deslocalización › Amazon › Plataformas › Trabajo digital 	<p>Presenta una síntesis y revisión de los sitios de <i>crowdsourcing</i> para mostrar cómo las plataformas digitales permiten a una serie de empresas acceder a mano de obra a bajo costo y sin ninguna de las obligaciones asociadas a la contratación de trabajadores. Ilustra a través del caso de una de las más populares: Mechanical Turk de Amazon.</p>	<p>Conclusiones a partir de las siguientes preguntas: I) hasta qué punto y de qué manera el <i>crowdsourcing</i> cuestiona los actuales límites conceptuales del trabajo digital, en particular en el contexto de los debates sobre la permeabilidad del trabajo remunerado y libre; II) cuáles son las implicaciones de la evolución de la mano de obra digital para la informalidad del trabajo y las prácticas laborales no estándar; III) cuál es el alcance y la eficacia de los regímenes de regulación del empleo cuando los trabajadores son autónomos y trabajan virtualmente a través de fronteras geográficas; y IV) cuáles son los retos de la organización colectiva en un entorno laboral digital.</p>	<p>Interpretaciones positivas del <i>crowdsourcing</i>: los grupos de personas pueden superar a los “expertos” individuales; los externos pueden ser innovadores más eficientes y traer nuevas ideas a los problemas internos. Escasas interpretaciones negativas. Análisis de procesos laborales, variantes del análisis de la cadena global de valor y perspectivas de la economía política como recursos teóricos para comprender y evaluar desarrollos de <i>crowdsourcing</i>.</p>

[cont.]

Autores / año de publicación	Palabras clave	Objetivos del trabajo	Principales conclusiones	Otros aportes
Berriman y Hawksworth (2017)	<ul style="list-style-type: none"> › Automatización › Sectores › Políticas 	<p>Analiza la pérdida potencial del empleo por países y actividades ante la automatización en países de la OCDE y una comparación de riesgos entre el Reino Unido, Estados Unidos, Alemania y Japón.</p>	<p>Se estima que hacia 2030 se perderán entre 21% y 35% de los puestos de trabajo en los cuatro países comparados, siendo Japón el menos afectado y el Reino Unido el mayor. Los sectores de actividad con mayor riesgo son transporte y almacenamiento, manufacturas y comercio, por ser sectores con mayor proporción de tareas rutinarias y manuales. También influye en un alto riesgo los niveles educativos requeridos en los diferentes sectores. El cambio tecnológico derivado de la inteligencia artificial o la robótica tiene capacidad de generar puestos de trabajo adicionales en el sector servicios (difícil de automatizar) gracias a los aumentos de productividad obtenidos.</p>	<p>La educación es un factor diferenciador en el impacto del riesgo de automatización, siendo menos proclives a ser reemplazados aquellos trabajadores con formación universitaria o superior. Para que los beneficios del cambio tecnológico se compartan socialmente, la intervención estatal deberá jugar un papel activo a partir de mayores niveles de inversión en educación y capacitación.</p>
Brown y Lauder (2013)	<ul style="list-style-type: none"> › Taylorismo digital › Educación › Segmentación › Ingresos 	<p>A partir de más de 250 entrevistas cara a cara con líderes de ámbitos públicos y privados, estudia la relación entre la educación, los empleos y los ingresos.</p>	<p>Menciona tres tendencias que llevan a que no necesariamente más educación y aprendizaje impliquen mayores ingresos: i) trabajadores altamente calificados en ubicaciones de bajo costo logran cumplir con los estándares de calidad globales; ii) las nuevas tecnologías han aumentado el potencial para traducir el trabajo del conocimiento en conocimiento práctico, llevando a la estandarización de una proporción creciente de empleos técnicos, gerenciales y profesionales (taylorismo); y iii) nuevas formas de segmentación o estratificación de su fuerza de trabajo basada en el rendimiento y la función, en lugar de credenciales.</p>	<p>Un gran desafío es cómo responder al modelo de negocio de adentro hacia afuera que puede conducir a crecientes tensiones entre los que tienen y los que no tienen.</p>
Bryonjolfsson y McAfee (2014)	<ul style="list-style-type: none"> › GPT › Robótica › Inteligencia artificial › Innovación › Digitalización 	<p>Estudia los avances tecnológicos actuales basados en la digitalización, que constituye para los autores la segunda era de las máquinas, y cómo esta nueva era modifica la relación entre el ser humano y la tecnología.</p>	<p>Las transformaciones que implican la entrada en la nueva era de las máquinas generará grandes beneficios en términos de consumo, dado que la economía de la escasez se transformará en una economía de la abundancia. Sin embargo, se requerirán menos trabajadores con habilidades regulares y más con habilidades especiales, siendo los ganadores aquellos que logren acumular capital físico e intelectual, en detrimento de operarios, secretarios y quienes procesan información.</p>	<p>Se identifica que ya desde la década de los ochenta comienza a crecer la brecha salarial por nivel educativo fundado en el aumento de la demanda de mayores calificaciones por la introducción de las computadoras personales (PC). Asimismo, se destaca en la etapa actual la gran velocidad de la difusión a partir de las contribuciones en red y las innovaciones colaborativas.</p>

[cont.]

Autores / año de publicación	Palabras clave	Objetivos del trabajo	Principales conclusiones	Otros aportes
Comisión Europea (2001)	<ul style="list-style-type: none"> › Sectores › Tecnología › Empleo 	<p>Estudio prospectivo sobre los efectos del cambio tecnológico en el empleo para los países europeos con base en un análisis tanto cualitativo como cuantitativo.</p>	<p>Del análisis realizado surge la necesidad de incorporar tecnologías y especializarse en sectores capital intensivos dada la imposibilidad de la región de ser competitiva en actividades trabajo intensivas. El rol de la tecnología en estos sectores funcionaría como potenciador de los incrementos de la productividad. Para ello se identifica una serie de sectores donde el impacto de la tecnología sobre el empleo tiene mayor potencial de generar mejoras y demandará trabajadores de mayor calificación: TIC, nanotecnología y biotecnología, y algunas actividades específicas para el desarrollo de materiales.</p>	<p>Incorpora una perspectiva de impacto de la incorporación tecnológica en el crecimiento y el empleo mediada por la estructura productiva, a nivel macro; mientras que a nivel micro se observa la necesidad de mayores niveles de flexibilidad, descentralización, trabajo en equipos autogestionados y mayor participación de los trabajadores.</p>
Ford (2016)	<ul style="list-style-type: none"> › Tecnología › Automatización › Polarización de ingresos › Deslocalización › Empleo 	<p>Muestra las diferentes formas en que los procesos tecnológicos irán reemplazando al trabajo humano en todos sus ámbitos. Pocos espacios quedarán libres de los procesos de automatización en un futuro cercano.</p>	<p>De los autores de referencia en el tema, Ford es uno de los más concluyentes respecto al alcance tecnológico. Para este autor, el devenir del trabajo humano como hoy lo conocemos se encuentra en proceso de destrucción, y la tecnología alcanzará al conjunto de sectores y actividades, incluso actividades como la medicina y la educación, aunque estas pueden resistir por el contexto general de esas disciplinas. Además, el autor observa un camino a una creciente polarización de ingresos debido a la destrucción masiva de empleos de clase media.</p>	<p>Los procesos de deslocalización tendrán dos caminos simultáneos: en el sector industrial, las empresas podrán retornar a su matriz parte de la producción. En otros sectores con necesidad de mano de obra altamente calificada y profesional, podrán deslocalizarse hacia países con costos laborales bajos. No ve a la capacitación como forma de amortiguar el impacto de la desocupación: en los empleos que queden se producirá una sobreeducación en relación con la demanda de los puestos.</p>
Foro Económico Mundial (2016)	<ul style="list-style-type: none"> › Puestos de trabajo › Nuevas tecnologías › Habilidades › Sectores › Países 	<p>Basado en información provista por directores de recursos humanos de las principales multinacionales (371 empresas), que representan a más de 13 millones de empleados, el trabajo analiza cuáles serán las nuevas ocupaciones y campos de especialización y cuáles desaparecerán hacia 2020.</p>	<p>Entre los principales motores del cambio tecnológico se destacan: internet móvil y la nube, mayor poder computacional y Big Data, nuevas fuentes de energía y tecnología, internet de las cosas, plataformas compartidas, robótica avanzada y transporte autónomo, interligencia artificial y <i>machine learning</i>, manufacturas avanzadas e impresión 3D, y materiales avanzados, biotecnología y genoma. La estimación indica una pérdida neta de más de 5 millones de puestos y un cambio de composición, donde se verán favorecidas las actividades relacionadas con la computación, matemática, arquitectura e ingeniería en unidades productivas pequeñas, en detrimento de las actividades administrativas y puestos de oficina. En términos de calificación se avanza hacia una reconfiguración donde predominarán niveles superiores a los actuales.</p>	<p>Describe cierta transversalidad en términos de creación de puestos, dado que gran parte de los nuevos trabajos para ingeniería y arquitectura, matemática o computación surgirán en otros sectores distintos de los tradicionales. Asimismo, se enfatiza el cambio en los perfiles hacia mayor calificación, aun en sectores sin pérdidas netas de empleo. Para mitigar los efectos de la reconfiguración de las calificaciones se enfatiza el rol de la política pública.</p>

[cont.]

Autores / año de publicación	Palabras clave	Objetivos del trabajo	Principales conclusiones	Otros aportes
Frey y Osborne (2013)	<ul style="list-style-type: none"> › Cambio tecnológico › Empleo › Demanda de habilidades 	<p>Cuantifica el impacto del avance tecnológico reciente sobre el futuro del empleo mediante una estimación del grado de susceptibilidad que tienen las distintas ocupaciones de ser computarizadas.</p>	<p>A partir del análisis de ocupaciones basado en un proceso de clasificación gaussiano, los autores estiman que de las 702 ocupaciones analizadas, el 47% del empleo en Estados Unidos se encuentra en riesgo de ser robotizado, y este riesgo está negativamente asociado a los niveles salariales y educativos. La computarización hace posible la reestructuración de tareas y la eliminación de ciertas necesidades, impactando principalmente en aquellas ocupaciones que son rutinarias –aunque no exclusivamente–. Rescata la importancia del desarrollo de nuevas capacidades para atenuar el impacto.</p>	<p>Clasificación de ocupaciones a partir de capacidades tecnológicas. Así, para dar cuenta de la diferente probabilidad de computarizar las ocupaciones, consideran los aspectos que deberían resolverse desde la ingeniería para que dicha ocupación sea automatizada, y sobre esto se observa el impacto en el mercado de trabajo en términos de composición y número de empleos en riesgo.</p>
Kizu, Kühn y Viegelahn (2016)	<ul style="list-style-type: none"> › Empleo › Exportaciones › Cadenas globales de valor (ccv) › Matriz insumo-producto › Mercado de trabajo › Productividad › Servicificación › Salarios 	<p>Revisa las pruebas proporcionadas en la OIT (2015) y brinda una descripción detallada de la metodología que subyace a sus estimaciones. Aporta nuevas pruebas sobre el número de puestos de trabajo relacionados con las ccv por destino de exportaciones. Contribuye a la bibliografía examinando si el destino de las exportaciones es importante al analizar el impacto de la participación de las ccv en la productividad laboral y en los salarios del sector correspondiente.</p>	<p>Muestra que la reciente disminución del número de empleos relacionados con las ccv en las economías emergentes está principalmente impulsado por China, a pesar de que este país sigue desempeñando un rol significativo al generar un gran número de puestos de trabajo relacionados con las ccv. La Unión Europea, como destino, juega un importante papel al ser demandante de trabajos en la muestra estudiada, mientras que otras economías avanzadas han perdido relevancia como países de destino de exportaciones. A su vez, las economías emergentes han cobrado relevancia y generado empleo neto. China e India juegan un rol central. Se refiere a la “servicificación” de la manufactura y al aumento en el sector servicios en general, que se produce en el marco del desarrollo de las cadenas, sobre todo en sectores relacionados a comunicación y transporte.</p>	<p>Los resultados confirman la evidencia proporcionada por la OIT (2015) al revelar un impacto positivo sobre la productividad, pero no sobre los salarios, lo que implica una caída en la participación salarial, independientemente del país de destino (emergente o desarrollado).</p>

[cont.]

Autores / año de publicación	Palabras clave	Objetivos del trabajo	Principales conclusiones	Otros aportes
Nübler [2016]	<ul style="list-style-type: none"> › Tecnología › Fragmentación › Empleo 	<p>Avanza sobre la comprensión de la dinámica entre destrucción y creación de puestos de trabajo en el contexto actual de fragmentación de la producción, conformación de CCV y uso de nuevas tecnologías.</p>	<p>La perspectiva utilizada permite distinguir entre tareas manuales y cognitivas, rutinarias y no rutinarias, y así identificar que la automatización ha reemplazado inicialmente tareas manuales y rutinarias, luego tareas no rutinarias, y este proceso se encuentra avanzando cada vez más hacia tareas cognitivas y no rutinarias. El análisis empírico presentado permite alertar sobre la necesidad de pasar de una fase de destrucción neta de puestos a una de creación neta, proceso que debe ser acompañado por el Estado. Asimismo, se observa que, a partir del creciente uso de nuevas tecnologías, el proceso productivo se fragmentó y se observa un incremento del sector terciario vinculado a la industria manufacturera.</p>	<p>En el trabajo se menciona cuáles son las actividades que pueden ser reemplazadas por robots y cuáles no, así como también cuáles serán las calificaciones demandadas, por lo tanto, empleos de mayor calidad. Con base empírica de otros estudios, afirma que en los países donde se robotizó, en mayor medida no hubo impacto significativo de empleo industrial.</p>
OIT [2016]	<ul style="list-style-type: none"> › Cambio tecnológico › Calidad de empleo › Polarización › Desigualdad 	<p>Analiza los impactos de los cambios tecnológicos en la cantidad y calidad de los trabajos, a los fines de identificar los desafíos políticos a los que se enfrenta el objetivo de desarrollar una fuerza de trabajo capacitada. Pretende evitar la polarización del empleo y asegurar una distribución más equitativa de dichos aumentos.</p>	<p>Se tenderá a la eliminación de puestos de trabajo. Esto lo sustenta la evolución de las tasas de empleo-población de los países de la OCDE desde 1960. Sí se identifican grandes transformaciones del trabajo en términos cualitativos. Por un lado, una profundización de los trabajos más complejos—y por lo tanto menos computarizables—que requerirán mayores niveles de autonomía y habilidad; por otro, se reorganiza la producción a nivel global, deslocalizándose. Este escenario profundiza la tendencia a la desigualdad creciente entre trabajadores y dueños de las innovaciones y entre los propios trabajadores. Promueven políticas educativas, de transformación productiva y de creación de puestos de trabajo, y reconoce la potencial efectividad de implementación de ingresos básicos para contrapesar la desigualdad creciente.</p>	<p>En pos de una mejora social, los autores identifican tres dimensiones a prestar particular atención a los fines de acompañar los impactos del cambio técnico: i) evitar la polarización, es decir, el reemplazo de buenos empleos por malos no solo en términos salariales sino sobre su calidad; ii) los mecanismos por los cuales las sociedades realizan los ajustes (económicos, sociales y políticos) para adaptarse a dichos cambios; y iii) la distribución de las ganancias de productividad generadas por la implementación del cambio tecnológico.</p>
Pérez [2016]	<ul style="list-style-type: none"> › Paradigmas › Revoluciones tecnológicas › Burbuja financiera › Tecnología 	<p>Describe el patrón histórico recurrente, discute la naturaleza de lo que puede ser visto como el colapso de la burbuja doble y examina los elementos de una posible edad de oro global, combinando la universalización de las TIC, el crecimiento “verde” y el pleno desarrollo global.</p>	<p>Sostiene que el reciente colapso financiero pertenece a una familia de importantes episodios de auge y caída relacionados con la forma en que las sucesivas revoluciones tecnológicas son asimiladas por la economía y la sociedad.</p>	<p>En función de lo desarrollado, el pensamiento político debería dejar de tratar de regular contra burbujas adicionales y, en cambio, debería hacerlo para lograr la configuración activa de las condiciones del mercado para permitir el pleno florecimiento del potencial tecnológico recién instalado en lo que puede ser una edad de oro global sostenible.</p>

[cont.]

Autores / año de publicación	Palabras clave	Objetivos del trabajo	Principales conclusiones	Otros aportes
Rotman [2013]	<ul style="list-style-type: none"> › Empleo › Tecnología › Productividad › Ingresos 	Plantea una crítica a la perspectiva pesimista que sostiene que el bajo crecimiento del empleo y la creciente desigualdad se encuentran asociadas al uso intensivo de nuevas tecnologías.	El impacto de la tecnología en las últimas décadas ha sido tanto a nivel de tareas rutinarias como de otras tareas que requieren saberes (administración o contabilidad). Esto ha implicado destrucción de puestos en sectores con ingresos medios de la sociedad; como contrapartida se han generado puestos de mayores ingresos ligados a la creatividad o habilidades resolutivas. Por lo tanto, se configuró un escenario de mayor polarización, pero no necesariamente un impacto en el volumen de ocupación.	A partir de ejemplos donde la robótica ha ingresado, logra dar cuenta de la complementariedad que surge entre el trabajo y la tecnología sin que esto implique la destrucción de puestos. Necesidad de desarrollar procesos educativos para la incorporación de trabajadores en el mercado laboral.
Spencer [2017]	<ul style="list-style-type: none"> › Capitalismo › Tecnología digital › Plusvalía › Futuro del trabajo 	Presenta una perspectiva para estudiar la relación entre tecnología y empleo a partir de introducir nociones de poder mediante la identificación de los beneficiarios del cambio tecnológico.	En este marco, el autor logra dar cuenta del incremento de los niveles de explotación que permite el uso de nuevas tecnologías. Esto se obtiene dado que la utilización de estas plataformas permite desaparecer las relaciones laborales tradicionales. Así, las tecnologías digitales se constituyen como un elemento político que tiene como eje central el incremento de la plusvalía, mediante la emergencia de nuevas formas de contratación sin cargas sociales, más intensivas, peor remuneradas y con mayores posibilidades de control por parte del capital.	Las tecnologías digitales, según el autor, deben ser vistas no solo como técnicos y económicos, sino que son definidos política y socialmente. Otro aporte relevante es la perspectiva de género que se desarrolla y permite dar cuenta del incremento en la brecha salarial y de calidad de empleo en favor de los varones.

Fuente: Elaboración propia con base en la bibliografía revisada.

Cuadro II Síntesis de los principales trabajos metodológicos y empíricos revisados

Autores / año de publicación	Principales bases conceptuales	Metodología	Fuentes de información	Resultados
Aedo et al. [2013]	Basan sus expectativas sobre el futuro en las tendencias observadas a partir de la evolución de la composición factorial de la función de producción agregada durante las últimas tres décadas en diferentes países, sectores y ocupaciones.	Cuantitativa. Se toma como referencia la economía estadounidense para comparar con la de otros treinta países, varios de ellos latinoamericanos, entre los que se encuentran México, Chile y Brasil. Se realizan dos tipos de análisis: uno de corte transversal, considerando las diferencias en los ingresos per cápita entre las economías consideradas, y el otro para aquellos casos en los que se dispuso, además, de series a lo largo de tres décadas.	La base O*NET se complementa con datos domésticos provenientes de las encuestas de hogares de los países correspondientes.	Se observa una tendencia creciente en la intensidad de tareas de carácter no rutinario cognitivo, analítico e interpersonal. A su vez, las tareas manuales tanto rutinarias como no rutinarias presentan una participación decreciente en las funciones de producción de los países, a medida que los niveles de ingreso per cápita crecen o que las economías evolucionan en el tiempo. Con respecto a las tareas cognitivas rutinarias no se observa homogeneidad entre países; en Estados Unidos y en otros países desarrollados decrecen tal como se prevé teóricamente, pero en economías como la de Brasil decrece.
Apella y Zunino [2017]	Basan sus expectativas sobre el futuro en las tendencias observadas a partir de la evolución de la composición factorial de la función de producción agregada durante las últimas dos décadas en la Argentina y Uruguay.	Cuantitativa. Se estudia la evolución de la composición de tareas para la Argentina y Uruguay durante las últimas dos décadas, así como el origen de los cambios, en términos de intraocupacionales, interocupacionales o intersectoriales.	La base O*NET se complementa con datos domésticos provenientes de las encuestas de hogares de los países correspondientes.	Se observa una tendencia creciente en la intensidad de tareas de carácter no rutinario cognitivo, analítico e interpersonal, así como también un aumento en la presencia de tareas de carácter cognitivo rutinario. Esto último, diferente a lo sucedido, por ejemplo, en Estados Unidos y en otros países desarrollados. A su vez, las tareas manuales, tanto rutinarias como no rutinarias, presentan una participación decreciente. También se concluye que las tendencias observadas responden en mayor medida a cambios en la organización interna de cada ocupación y a movimientos de la fuerza de trabajo entre ocupaciones, y no tanto a movimientos de la fuerza de trabajo entre sectores de actividad, aunque en alguna medida repercute el aumento en la participación de servicios frente a la industria manufacturera.
Arntz, Gregory y Zierahn [2016]	Tareas como unidad de análisis: se reemplazarán tareas dentro de las ocupaciones y no trabajos completos (Autor, 2015).	Relevamiento sobre la estructura de tareas realizadas por individuos en más de veinte países de la OCDE, a partir del Program for the International Assessment of Adult Competencies (PIAAC). Las tareas son clasificadas utilizando los dos primeros dígitos de los códigos de la clasificación internacional estándar de ocupaciones.	PIAAC-OCDE: relevamiento sobre la estructura de tareas realizadas por individuos en más de veinte países de la OCDE.	El efecto de la incorporación de tecnología sobre el mercado de trabajo depende de la estructura ocupacional, del nivel de calificación de la fuerza de trabajo y de las actividades productivas predominantes en cada país. El cambio tecnológico afecta a determinadas tareas en el marco de las ocupaciones, y el efecto es mayor sobre los trabajadores menos calificados y que cuentan con menor productividad.

[cont.]

Autores / año de publicación	Principales bases conceptuales	Metodología	Fuentes de información	Resultados
Autor y Hendel [2013]	Mapeo económico entre las tareas, características de los empleos, el capital humano, su retorno salarial y análisis de la relación entre tareas, educación y salarios a nivel de individuos.	Usan datos originales de una encuesta representativa que recopila datos sobre las tareas de trabajo cognitivo, interpersonal y físico que los trabajadores realizan regularmente, y aplican un modelo de Roy de asignación de trabajadores a ocupaciones.	Encuesta "Iniciativa de Mejora de Datos de Princeton" (PDII)	Las tareas analíticas, rutinarias y manuales varían substancialmente dentro y entre las ocupaciones y están significativamente relacionadas con las características de los trabajadores. A partir de ellas se pueden predecir diferencias salariales entre ocupaciones y entre trabajadores en una misma ocupación. Relaciones causales entre dotaciones de capital humano, asignación ocupacional, tareas laborales y salarios.
Autor, Levy y Murnane [2003]	La adopción de tecnología informática produce modificaciones en las tareas realizadas por los trabajadores, en sus puestos de trabajo y en las habilidades requeridas.	Modelo económico basado en una función de producción Cobb Douglas para predecir cómo la demanda de tareas en el lugar de trabajo responde a una disminución generalizada en el precio del capital informático. Comparan datos representativos de requisitos de la tarea en las dos fuentes utilizadas y construyen un panel consistente de la industria y la tarea ocupacional durante el período 1960-1998.	Diccionario de Ocupaciones del Departamento de Trabajo de Estados Unidos - Encuesta del Censo y Población	La tecnología informática sustituye a los trabajadores en la realización de tareas rutinarias que pueden describirse fácilmente con reglas programadas, y complementa a los trabajadores en la ejecución de tareas cognitivas no rutinarias. A medida que el precio del capital informático cayó precipitadamente en las últimas décadas, estos dos mecanismos (sustitución y complementariedad) han elevado la demanda relativa de trabajadores que tienen una ventaja comparativa en tareas no rutinarias (los universitarios).
Banco Mundial [2016]	Emplea las probabilidades de automatización sin ajustar y ajustadas.	Cuantitativa. Se estiman las probabilidades de automatización según Frey y Osborne (2013), denominadas "no ajustadas", ponderadas por el nivel de empleo de las actividades consideradas según las encuestas de hogares en cada país. A su vez se calculan las probabilidades ajustadas que contemplan diferencias en el ritmo de adopción tecnológica en los países, utilizando el retardo de adopción de tecnologías de Comin y Mestieri (2013).	La base O*NET se complementa con datos domésticos provenientes de las encuestas de hogares de los países correspondientes para más de treinta países, entre los que se encuentra la Argentina.	Las probabilidades de automatización sin ajustar van desde el 55% en Uzbequistán hasta el 85% en Etiopía, mientras que ajustadas por posibilidades de adopción tecnológica van desde el 34% en Uzbequistán hasta el 64,6% en la Argentina.

[cont.]

Autores / año de publicación	Principales bases conceptuales	Metodología	Fuentes de información	Resultados
Berriman y Hawksworth (2017)	Análisis de la posibilidad de automatización sin descuidar la importancia de restricciones económicas, legales y regulatorias a la automatización. Posibilidad de crear empleo en nuevos sectores dinámicos.	Cuantitativa. Generan un algoritmo a partir de los avances realizados por AGZ y FO. El algoritmo puede ser aplicado a distintos países de la OCDE, pero a los fines de este estudio lo limitan a Estados Unidos, el Reino Unido, Alemania y Japón.	PIAAC-OCDE: relevamiento sobre la estructura de tareas realizadas por individuos en más de veinte países de la OCDE. Otras fuentes de información adicional para generar su propio algoritmo.	El 30% del empleo podría automatizarse en el Reino Unido en 2030. Mayores riesgos en sectores asociados a transporte y almacenamiento, industria manufacturera y comercio mayorista y minorista. Menor riesgo en salud y servicios sociales. Mayores riesgos de pérdida de empleo en tareas manuales, rutinarias y asociadas con la computación y la gestión. Generación de empleo en los sectores vinculados con las nuevas tecnologías digitales. Se estima que el impacto será mayor entre los trabajadores hombres, menos calificados y que se desempeñan en pymes. El impacto agregado sobre el empleo es incierto.
Comisión Europea (2001)	Impacto de la tecnología sobre el empleo, mediado por las características de la estructura económica. Especificidades sectoriales en la relación capital/trabajo.	Análisis prospectivo complementando metodología cualitativa y cuantitativa. Identificación de los principales desarrollos tecnológicos emergentes. Estimación del impacto potencial de estas tecnologías sobre la productividad y los patrones de consumo.	European Science and Technology Observatory (ESTO): evidencia teórica y empírica, otros estudios relevantes y consultas a informantes clave.	El efecto de la incorporación de tecnología está mediado por las características de la estructura productiva. El efecto ahorrador de mano de obra es compensado por diferentes efectos creación. La incorporación de tecnología demanda nuevas calificaciones y nuevas estructuras de trabajo, caracterizadas principalmente por mayores niveles de flexibilidad de los trabajadores.
Foro Económico Mundial (2016)	Futuro de los puestos de trabajo ante la emergencia de las nuevas tecnologías.	Cuantitativa-cualitativa. Elaboración de una encuesta y análisis de resultados a partir de estadísticas descriptivas. Realiza un agrupamiento de ocupaciones específicas y de familias de ocupaciones tomando como referencia O*NET.	Encuestas a empresas, específicamente a directores de recursos humanos y estrategia de multinacionales. O*NET.	Gran pérdida de empleo, aunque con posibilidad de creación que estará relacionada con ocupaciones específicas. Los mayores efectos no se relacionan con los cambios tecnológicos disruptivos sino con las innovaciones complementarias de la digitalización. Cambios de perfiles hacia mayores niveles de calificación.

[cont.]

Autores / año de publicación	Principales bases conceptuales	Metodología	Fuentes de información	Resultados
Frey y Osborne (2013)	Ocupaciones como unidad de análisis.	Toman un conjunto de ocupaciones definidas en la O*NET y consultan con un conjunto de expertos sobre la posibilidad de automatizar o no cada una de esas ocupaciones. Las ocupaciones fueron clasificadas a partir de la Clasificación Ocupacional Estándar con los códigos de 2010. A partir de un conjunto estandarizado de características de las ocupaciones, desarrollan un algoritmo que genera una predicción por ocupación en lo que respecta a la probabilidad de computarización.	O*NET	El 47% de los empleos de Estados Unidos pueden ser computarizados. La demanda de empleos en producción, transporte, logística y actividades administrativas será menor a través del tiempo, como consecuencia de la sustitución por tecnología. También aparecen como posibles de ser computarizados empleos en servicios, ventas y construcción. Las ocupaciones con mayores salarios y mayores calificaciones son las que tienen una menor probabilidad de ser computarizadas.
McKinsey Global Institute (2017)	Para evaluar el potencial de automatización de la economía mundial se desagregan las profesiones en las actividades que las componen y en las competencias que aquellas requieren.	Cuantitativo-cualitativa. Se estima el potencial de automatización de más de dos mil actividades laborales en más de 800 profesiones de la economía. Se desarrollan escenarios para saber qué tan rápidamente es posible mejorar el desempeño de las tecnologías de automatización en cada una de estas competencias.	Se basa en datos del Departamento del Trabajo de los Estados Unidos y se recurrió a expertos de la industria.	El análisis sugiere un significativo grado de variación en el potencial de automatización entre los sectores de la economía y entre las profesiones dentro de esos sectores. Se estima que el 49% de las actividades que son remuneradas en la economía global tienen el potencial de ser automatizadas si se adaptan las tecnologías probadas en la actualidad. Aunque menos del 5% de las profesiones pueden ser totalmente automatizadas, cerca del 60% tienen por lo menos un 30% de actividades automatizables.
Ministerio de Hacienda de la Nación (2016)	Además de realizar la estimación de la probabilidad de computarización del empleo para la Argentina en términos de la economía en su conjunto, se amplía el análisis detallando las probabilidades para las ramas de actividad económica.	Aplica la metodología del Banco Mundial (2016) para el cálculo de la probabilidad de automatización, mediante la ponderación de las probabilidades de computarización de Frey y Osborne (2013) por el peso del empleo de la ocupación en cuestión, alcanzando así un valor global para la economía sin aplicar el ajuste por retardo en la adopción de tecnología. La ponderación se realiza según el Clasificador de Actividades Económicas del Mercosur (CAES), y luego se considera la relevancia de dichas probabilidades en función de la participación en el empleo de estas ramas.	Utiliza la base O*NET y la base de datos de la Encuesta Permanente de Hogares (EPH) del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) para el segundo trimestre de 2016.	Estima que la probabilidad de computarización en la Argentina es del 62%. Al desagregar por ramas de actividad, Enseñanza es la de menor probabilidad, seguida por Salud Humana y Servicios Sociales (41%). Por otro lado, las ramas con mayor probabilidad de computarización son Comercio; Reparación de vehículos automotores y motocicletas (77%), ramas que concentran gran proporción de empleo, y Transporte y almacenamiento (76%). Enfatiza la heterogeneidad intrarama para considerar en trabajos futuros.

Fuente: Elaboración propia con base en la bibliografía revisada.

BIBLIOGRAFÍA

- ABOAL, D. Y G. ZUNINO (2017), "Innovación y habilidades en América Latina", en BID-INTAL, *Robotización. El futuro del trabajo en la integración 4.0 de América Latina*, Buenos Aires, BID-INTAL, *Integración y Comercio*, año 21, N° 42, pp. 42-57.
- AEDO, C., J. HENTSCHEL, J. LUQUE Y M. MORENO (2013), "Occupations to Embedded Skills: A Cross-Country Comparison", *Policy Research Working Paper*, N° 6560, World Development Report.
- AGGIO, C., M. LENGYEL, D. MILESI Y L. PANDOLFO (2017), "Desafíos y oportunidades de innovación en la producción de petróleo y gas no convencionales en la Argentina", documento de trabajo N° 10, CABA, CIECTI.
- ALM, H. Y M. MCKELVEY (2000), "When and Why Does Cooperation Positively or Negatively Affect Innovation? An Exploration into Turbulent Waters", *CRIC Discussion Paper*, N° 39.
- ALTENBURG, T., R. QUALMANN Y J. WELLER (2001), "Modernización económica y empleo en América Latina. Propuestas para un desarrollo inclusivo", Serie 2, *Macroeconomía del Desarrollo*, Santiago de Chile, CEPAL.
- ANTONELLI, C. (2009), "The economics of innovation: from the classical legacies to the economics of complexity", *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 18, N° 7, pp. 611-646.
- APELLA, I. Y G. ZUNINO (2017), "Cambio tecnológico y el mercado de trabajo en Argentina y Uruguay. Un análisis desde el enfoque de tareas", *Serie de informes técnicos del Banco Mundial en Argentina, Paraguay y Uruguay*, N° 11, Buenos Aires.
- ARNTZ, M., T. GREGORY Y U. ZIERAHN (2016), "The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis", *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, N° 189, París, OECD Publishing. Disponible en <dx.doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en>.
- ARTHUR, W. B. (2011), *The Nature of Technology: What It Is and How It Evolves*, Free Press.
- AUTOR, D. (2015), "Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 29, N° 3, pp. 3-30.
- Y M. HANDEL (2013), "Putting tasks to the test: Human capital, job tasks, and wages", *Journal of Labor Economics*, vol. 31, N° 1, pp. 59-96.

- , F. LEVY Y R. J. MURNANE (2003), "The skill content of recent technological change: An empirical exploration", *The Quarterly Journal of economics*, vol. 118, N° 4, pp. 1279-1333.
- BANCO MUNDIAL (2016), *World Development Report 2016: Digital Dividends*, Washington, Banco Mundial. Disponible en: <doi.org/10.1596/978-1-4648-0671-1>.
- BANDHOLZ, H. (2016), "The rise of the machines: Economic and social consequences of robotization", *Economics Research*, N° 36, agosto, Unicredit Global Themes Series.
- BERRIMAN, R. Y J. HAWKSWORTH (2017), "Will robots steal our jobs? The potential impact of automation on the UK and other major economies", *UK Economic Outlook*, PwC, pp. 30-48.
- BERGVALL-KÅREBORN, B. Y D. HOWCROFT (2014), "Amazon Mechanical Turk and the commodification of labour", *New Technology, Work and Employment*, vol. 29, N° 3, pp. 213-223.
- BIANCHI, P. Y L. MILLER (2000), "Innovación, acción colectiva y crecimiento endógeno: un ensayo sobre las instituciones y el cambio estructural", en Boscherini, F. y L. Poma (comps.), *Territorio, conocimiento y competitividad de las empresas: el rol de las instituciones en el espacio global*, Buenos Aires-Madrid, Miño y Dávila Editores.
- BOSCHERINI, F. Y L. POMA (2000), "Más allá de los distritos industriales: el nuevo concepto de territorio en el marco de la economía global", en Boscherini, F. y L. Poma (comps.), *Territorio, conocimiento y competitividad de las empresas: el rol de las instituciones en el espacio global*, Buenos Aires-Madrid, Miño y Dávila Editores.
- BRYNJOLFSSON, E. Y A. MCAFEE (2014), *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*, Nueva York, WW Norton & Company.
- BROWN, P. Y H. LAUDER (2013), "Auctioning the future of work", *World Policy Journal*, vol. 30, N° 2, pp. 16-25.
- CHENA, P. (2009), "Heterogeneidad estructural y distribución del ingreso. Una aproximación teórica a esta relación desde diferentes teorías económicas", 9° Congreso Nacional de Estudios del Trabajo: El trabajo como cuestión central, Buenos Aires, Asociación Argentina de Especialistas en Estudios del Trabajo, FCE-UBA.
- CIMOLI, M., G. PORCILE, A. PRIMI Y S. VERGARA (2006), "Cambio estructural, heterogeneidad productiva y tecnológica en América Latina", *Heterogeneidad estructural, asimetrías tecnológicas y crecimiento en América Latina*, Santiago de Chile, CEPAL.
- COMIN, D. A. Y M. MESTIERI FERRER (2013), "If Technology has arrived everywhere, why has income diverged?", *National Bureau of Economic Research*, N° 19010.

- COMISIÓN EUROPEA (2001), "Impact of Technological and Structural Change on Employment", *Synthesis Report. European Communities*, Sevilla, Institute for Prospective Technological Studies.
- DOMÍNGUEZ, M. Y F. GARCÍA-VALLEJO (2009), "La sexta revolución tecnológica: el camino hacia la singularidad en el siglo XXI", *El Hombre y la Máquina*, N° 33, julio-diciembre, Cali, Universidad Autónoma de Occidente, pp. 8-21.
- DOSI, G. (1982), "Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change", *Research Policy*, vol. 11, N° 3, pp. 147-162.
- ERBES, A., S. ROITTER Y M. DELFINI (2008), "Conocimiento, organización del trabajo y empleo en tramas productivas", *Revista de Trabajo*, año 4, N° 5, enero-julio, Nueva Época, Buenos Aires, Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social, pp. 73-83.
- FORD, M. (2016), *El auge de los robots: La tecnología y la amenaza de un futuro sin empleo*, Barcelona, Paidós.
- FORO ECONÓMICO MUNDIAL (2016), *The future of jobs: employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution. Global Challenge Insight Report*, Ginebra, Foro Económico Mundial.
- FREEMAN, C. (1995), "The National System of Innovation in Historical Perspective", *Cambridge Journal of Economics*, vol. 19, N° 1, febrero, pp. 5-24.
- Y C. PÉREZ (1988), "Structural crises of adjustment, business cycles and investment behavior", en Dosi, G., C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg y L. Soete (eds.), *Technical Change and Economic Theory*, Londres, Francis Pinter.
- FREEMAN, C. Y L. SOETE (1987), *Technical Change and Full Employment*, Oxford, Basil Blackwell.
- (1994), "Work for all or mass unemployment?: Computerized technical change into the twenty-first century", N° 331.101.5 FRE.
- Y U. EFENDIOGLU (1995), "Diffusion and the Employment Effects of Information and Communication Technology", *International Labor Review*, vol. 134, N° 587.
- FREEMAN, R. B. (2015), "Who Owns the Robots Rules the World", *IZA World of Labor*, N° 5, mayo, pp. 1-10.
- FREY, C. Y M. OSBORNE (2013), "The Future of Employment: How susceptible are jobs to computerisation?", *Working Paper*, Oxford Martin School, Oxford, University of Oxford.

- GUZMÁN CHÁVEZ, A. Y A. TOLEDO PATIÑO (2009), "Las nanotecnologías: un paradigma tecnológico emergente. Dinámica y especialización en la innovación de las tecnologías", *Razón y Palabra*, vol. 14, N° 68, México, Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, pp. 1-32.
- HUGGINS, R. (2008), "The Evolution of Knowledge Clusters: Progress and Policy", *Economic Development Quarterly*, vol. 22, N° 4.
- INFANTE, R. (2010a), "América Latina. Hacia un desarrollo inclusivo", *Documento de Trabajo*, N° 12, Proyecto Desarrollo Inclusivo, CEPAL.
- (2010b), "Indicadores de heterogeneidad estructural", *Documento de Trabajo*, N° 13, Proyecto Desarrollo Inclusivo, CEPAL.
- (2010c), "Nuevos sectores sociales y convergencia productiva", *Documento de Trabajo*, N° 5, Proyecto Desarrollo Inclusivo, CEPAL.
- KIZU, T., S. KÜHN Y C. VIEGELAHN (2016), "Linking jobs in global supply chains to demand", *ILO Research Paper*, Ginebra, ILO.
- LAVOPA, A. (2005), "Heterogeneidad estructural y segmentación del mercado de trabajo: evidencias para el caso argentino durante el período 1991-2004", 7° Congreso Nacional de Estudios del Trabajo, Buenos Aires, Asociación Argentina de Especialistas en Estudios del Trabajo.
- (2007), "Heterogeneidad de la estructura productiva argentina: impacto en el mercado laboral durante el período 1991-2003", documento de trabajo N° 9, diciembre, Buenos Aires, Centro de Estudios sobre Población, Empleo y Desarrollo, FCE-UBA.
- LENGYEL, M. (2016), El surgimiento de ecosistemas productivos de alta tecnología en Argentina: evidencias, aprendizajes y el rol de las políticas públicas, Buenos Aires, CIPPEC.
- LUNDVALL, B.-Å. (2009), "Why the new economy is a learning economy", *Techno-Economic Paradigms: Essays in Honour of Carlota Pérez*, vol. 22138.
- MARIOTTI, S. (2000), "Nuevos paradigmas tecnológicos", en Boscherini, F. y L. Poma (comps.), *Territorio, conocimiento y competitividad de las empresas: el rol de las instituciones en el espacio global*, Buenos Aires-Madrid, Miño y Dávila Editores.
- MARX, K. (1961) [1867], *Capital*, Moscú, Foreign Languages Publishing House.
- (1969) [1905], *Theories of Surplus Value*, Londres, Lawrence & Wishart.
- MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE (2017), *Un futuro que funciona: automatización, empleo y productividad*, enero, McKinsey & Company.

- METCALFE, S. (2010), "University and Business Relations: Connecting the Knowledge Economy", *Minerva*, vol. 48, N° 1, Londres, Springer Science, pp. 5-33.
- MINISTERIO DE HACIENDA DE LA NACIÓN (2016), *Estudios sobre Planificación Sectorial y Regional*, año 1, N° 3, diciembre, Buenos Aires.
- NELSON, R. Y N. ROSENBERG (1993), "Technical innovation and national systems", en Nelson, R. (ed.), *National innovation systems: a comparative analysis*, Nueva York-Oxford, Oxford University Press.
- NELSON, R. Y S. WINTER (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge, Cambridge University Press.
- NOVICK, M., S. ROJO, S. ROTONDO Y G. YOGUEL (2009), "La compleja relación entre innovación y empleo", Congreso Anual AEDA, Buenos Aires.
- NÜBLER, L. (2016), "New technologies: A job-less future or a Golden Age of job creation?", *Working Paper*, N° 13, Research Department, Ginebra, OIT.
- OCAMPO, J. A. (2008), "La búsqueda de la eficiencia dinámica: dinámica estructural y crecimiento económico en los países en desarrollo", *Revista de Trabajo: Desarrollo e Innovación, Empleo y Competencias*, año 4, N° 5, Buenos Aires, Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.
- OIT (1990), *Internacional standard classification of occupations: ISCO 88*, Ginebra.
- (2016), "Iniciativa del centenario relativa al futuro del trabajo", Informe I, 104ª reunión de la Conferencia Internacional del Trabajo. Disponible en <ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_norm/---relconf/documents/meetingdocument/wcms_370408.pdf>.
- PÉREZ, C. (2002), *Technological Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*, Londres, Elgar.
- (2008), "A policy model to foster coevolutionary processes of science, technology and innovation: The Mexican case", *Working Paper*, N° 4, Globelics.
- (2013), "Financial bubbles, crises and the role of government in unleashing golden ages", *FINNOV Discussion Paper N° 2-2012*, en Pyka, A. y H. P. Burghof, *Innovation and Finance*, Londres, Routledge.
- PETIT, P. (1998) [1995], "Employment and Technological Change", en Stoneman, P. (ed.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Oxford, Blackwell.
- PIANTA, M. (2003), "Innovation and Employment", en Fagerberg, J., D. Mowery y R. Nelson (eds.), *Handbook of Innovation*, Oxford, Oxford University Press, cap. 22.

- PIVA, M. Y M. VIVARELLI (2005), "Innovation and Employment from Italian Microdata", *Journal of Economics*, vol. 86, N° 1, pp. 65-83.
- PORCILE, G. (2009), "Heterogeneidad estructural y desarrollo", *Documento de Trabajo*, N° 1, Proyecto Desarrollo Inclusivo, CEPAL.
- RICARDO, D. (1985) [1821], *Principios de Economía Política*, Madrid, Sarpe.
- RICHARDSON, G. (1972), "The Organization of Industry", *Economic Journal*, vol. 82, pp. 883-896.
- (2003), "The Organization of Industry Re-visited", *DRUID Working Paper*, N° 02-15.
- ROITTER, S. (2010), "El comportamiento heterogéneo de las firmas frente al empleo: determinantes cíclicos y estructurales. El caso de la industria metalmecánica argentina en el período 1993-2007", tesis de doctorado, Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba.
- , A. ERBES Y Y. KABABE (2013), "Procesos de aprendizaje en el sector servicios: ¿nuevas formas de organización del trabajo?", en Suárez, D. (comp.), *El sistema argentino de innovación: instituciones, empresas y redes. El desafío de la producción y la apropiación de conocimiento*, Buenos Aires, UNGS.
- (2014), "El desarrollo de capacidades: el rol de la organización del trabajo", en Barletta, F., V. Robert y G. Yoguel (comps.), *Tópicos de la teoría evolucionista neoshumpeteriana de la innovación y el cambio tecnológico*, Buenos Aires, UNGS.
- ROTMAN, D. (2014), "Technology and inequality", *Technology Review*, vol. 117, N° 6, pp. 52-60.
- RULLANI, E. (2000), "El valor del conocimiento", en Boscherini, F. y L. Poma (comps.), *Territorio, conocimiento y competitividad de las empresas: el rol de las instituciones en el espacio global*, Buenos Aires-Madrid, Miño y Dávila Editores.
- SABEL, C. (2016), "The new organization of production, productive development policies and job creation or thinking about industrial policy as industry becomes less central to development", taller "Relations Between Productive Development Policies, Jobs, Wages and Human Resources, Brainstorming Session", Lima, enero.
- SALAZAR-XIRINACHS, J. M. (2017), "La metamorfosis del trabajo", en BID-INTAL, *Robotlución. El futuro del trabajo en la integración 4.0 de América Latina*, Buenos Aires, BID-INTAL, *Integración y Comercio*, año 21, N° 42, pp. 70-83.
- SAY, J. B. (1964) [1803], *A Treatise on Political Economy or the Production, Distribution and Consumption of Wealth*, Nueva York, M. Kelley.

- SCHUMPETER, J. (1997) [1912], *Teoría del desenvolvimiento económico*, México, Fondo de Cultura Económica.
- SMITH, A. (2001) [1776], *La riqueza de las naciones*, Madrid, Alianza Editorial.
- SPENCER, D. (2017), "Work in and beyond the Second Machine Age: The politics of production and digital technologies", *Work, Employment and Society*, vol. 31, N° 1, pp. 142-152.
- SPIEZIA, V. Y M. VIVARELLI (2000), "The analysis of technological change and employment", en Vivarelli, M. y M. Pianta (eds.), *The Employment Impact of Innovation. Evidence and policy*, Londres-Nueva York, Routledge Studies in the Modern World Economy.
- VIVARELLI, M. (2007), "Innovation and Employment: A Survey", *Discussion Papers*, Series N° 2621.1ZA.
- YOGUEL, G. (2000), "Creación de competencias en ambientes locales y redes productivas", *Revista de la CEPAL*, N° 71, pp. 105-119.



CIECTI 2019

Serie

EL FUTURO
DEL TRABAJO

DT 15.1



SONIA ROITTER es licenciada en Economía por la Universidad Nacional de Córdoba y doctora en Ciencias Económicas con Mención en Economía en la misma universidad. Actualmente trabaja como investigadora-docente (profesora asociada) en el Área de Economía del Conocimiento del Instituto de Industria de la Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS). Posee numerosas publicaciones y presentaciones a congresos sobre temáticas como la vinculación entre innovación y empleo en tramas productivas argentinas, organización del trabajo y procesos de aprendizaje en la industria manufacturera y servicios, así como en cuestiones referidas a la calidad de empleo. Además, se desempeña como directora de la Licenciatura en Economía Industrial, y anteriormente fue coordinadora de dicha licenciatura y en la formación del Instituto de Industria de la UNGS. Ha realizado también trabajos de consultoría para diversos organismos nacionales e internacionales, como el BID, CEPAL, OIT, Ministerio de Trabajo, Municipio de Morón y ADIMRA.



INTAL