

# Cambio tecnológico y empleo: una perspectiva latinoamericana

Riesgos de la sustitución  
tecnológica del trabajo  
humano y desafíos de  
la generación de nuevos  
puestos de trabajo

Jürgen Weller  
Sonia Gontero  
Susanna Campbell



NACIONES UNIDAS

CEPAL



POR UN DESARROLLO  
SOSTENIBLE CON IGUALDAD



cooperación  
alemana

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

# Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.



[www.cepal.org/es/publications](http://www.cepal.org/es/publications)



[www.cepal.org/apps](http://www.cepal.org/apps)

SERIE

**MACROECONOMÍA DEL DESARROLLO**

**201**

# **Cambio tecnológico y empleo: una perspectiva latinoamericana**

Riesgos de la sustitución tecnológica del  
trabajo humano y desafíos de la  
generación de nuevos puestos de trabajo

Jürgen Weller

Sonia Gontero

Susanna Campbell



NACIONES UNIDAS

**CEPAL**



**cooperación  
alemana**

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Este documento fue preparado por Jürgen Weller y Sonia Gontero, Jefe y Oficial de Asuntos Económicos de la Unidad de Estudios del Empleo de la División de Desarrollo Económico de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), respectivamente, y por Susanna Campbell, ex colaboradora de dicha División en el marco del componente "Strengthen the capacities of selected countries for the comprehensive and inclusive use of the digital transformation" del programa de cooperación conjunto de la CEPAL y el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo y de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

Los autores agradecen la valiosa colaboración recibida de Emanuel Menéndez.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la Organización.

Publicación de las Naciones Unidas

ISSN: 1680-8851 (versión electrónica)

ISSN: 1680-8843 (versión impresa)

LC/TS.2019/37

Distribución: L

Copyright © Naciones Unidas, 2019

Todos los derechos reservados

Impreso en Naciones Unidas, Santiago

S.19-00367

Esta publicación debe citarse como: J. Weller, S. Gontero y S. Campbell, "Cambio tecnológico y empleo: una perspectiva latinoamericana. Riesgos de la sustitución tecnológica del trabajo humano y desafíos de la generación de nuevos puestos de trabajo", serie Macroeconomía del Desarrollo, N° 201 (LC/TS.2019/37), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2019.

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Publicaciones y Servicios Web, publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

## Índice

Resumen .....	7
Introducción .....	9
I. El impacto de la automatización en los mercados laborales: la destrucción de empleos.....	13
A. Antecedentes del índice de automatización de Frey y Osborne.....	13
B. Métodos alternativos de estimación del riesgo de sustitución del trabajo .....	17
II. El riesgo de sustitución tecnológica del trabajo humano: una mirada desde América Latina.....	23
A. Las razones y características del ajuste metodológico .....	23
B. Estimaciones del riesgo de sustitución.....	28
1. Resultados generales del método original .....	28
2. Resultados generales del método ajustado .....	31
3. Resultados para diferentes grupos de ocupados.....	35
III. Las perspectivas de la creación de empleos.....	51
IV. Conclusiones.....	59
Bibliografía .....	65
Anexo.....	69

## Cuadros

Cuadro 1	Resultados de la aplicación del método de Frey y Osborne en países desarrollados .....	15
Cuadro 2	Resultados de la aplicación del método de Frey y Osborne en países de América Latina .....	16
Cuadro 3	Porcentaje de trabajadores en sectores de baja productividad, 2016 .....	25
Cuadro 4	Factores que influyen en la introducción de nuevas tecnologías .....	26
Cuadro 5	Índice de automatización de Frey y Osborne, ocupaciones seleccionadas.....	30
Cuadro 6	Porcentaje de puestos de trabajo con bajo, mediano y alto riesgo de automatización, aislando sector de baja productividad.....	34
Cuadro 7	América Latina (12 países): riesgo de sustitución tecnológica, por sexo, en porcentaje de los ocupados en sectores de productividad alta y mediana y en porcentaje del total de los ocupados, métodos original y ajustado, promedio simple.....	36
Cuadro 8	América Latina (12 países): riesgo de sustitución tecnológica, por nivel educativo, en porcentaje de los ocupados en sectores de productividad alta y mediana y en porcentaje del total de los ocupados, métodos original y ajustado, promedio simple.....	39
Cuadro 9	América Latina (12 países): riesgo de sustitución tecnológica, por grupo de edad, en porcentaje de los ocupados en sectores de productividad alta y mediana y en porcentaje del total de los ocupados, métodos original y ajustado, promedio simple.....	45
Cuadro 10	América Latina (12 países): ocupaciones según riesgo de sustitución, por rama de actividad y sexo, promedio simple .....	49
Cuadro 11	América Latina (12 países): ocupaciones según riesgo de sustitución en los segmentos de productividad mediana y alta, por rama de actividad y sexo (promedio simple) y participación de la rama en el empleo en estos segmentos (promedio ponderado) .....	50
Cuadro 12	Estados Unidos: número de trabajadores por grupo ocupacional, 2016 y 2026 y mediano del salario anual, 2017 .....	53
Cuadro A1	Fuentes de información, por país y año .....	70
Cuadro A2	Ocupados por riesgo de sustitución tecnológica, por rama de actividad, método ajustado .....	70
Cuadro A3	Probabilidad promedio de sustitución tecnológica según rama y país, método ajustado .....	71

## Gráficos

Gráfico 1	Proporción promedio de ocupaciones susceptibles de ser automatizadas, método Frey y Osborne.....	29
Gráfico 2	Proporción de ocupaciones con bajo, medio y alto riesgo de sustitución tecnológica.....	30
Gráfico 3	Distribución de probabilidad de automatización para países seleccionados.....	31

Gráfico 4	Puestos de trabajo susceptibles de ser sustituidos, método Frey y Osborne, versión original y ajustada.....	32
Gráfico 5	América Latina (países seleccionados): PIB per cápita y riesgo de sustitución tecnológica del empleo, método de Frey y Osborne.....	33
Gráfico 6	Distribución simple y ajustada de probabilidad de automatización, método original y método aplicado solo para ocupados de sectores de productividad alta y media.....	35
Gráfico 7	Composición del empleo en sectores de productividad alta y mediana, según riesgo de sustitución tecnológica, por sexo .....	37
Gráfico 8	Composición del empleo total, según riesgo de sustitución tecnológica, por sexo .....	38
Gráfico 9	Distribución de ocupaciones en alto riesgo de automatización según nivel educativo, método ajustado .....	40
Gráfico 10	Composición del empleo en sectores de productividad alta y mediana, según riesgo de sustitución tecnológica, por nivel educativo.....	41
Gráfico 11	Composición del empleo, según riesgo de sustitución tecnológica por nivel educativo, en porcentaje de los ocupados totales.....	42
Gráfico 12	América Latina: composición del empleo en sectores de productividad alta y mediana, según riesgo de sustitución tecnológica, por nivel educativo y sexo, promedio simple de 12 países.....	43
Gráfico 13	América Latina: composición del empleo, según riesgo de sustitución tecnológica, por nivel educativo y sexo, promedio simple de 12 países.....	44
Gráfico 14	Distribución de ocupaciones en alto riesgo de automatización según grupo etario, método ajustado.....	46
Gráfico 15	Países OCDE: riesgo de sustitución tecnológica, ramas con riesgo más alto y más bajo .....	47
Gráfico 16	América Latina (12 países): proporción de ocupados en alto riesgo tecnológico de sustitución, por rama de actividad, promedio simple.....	47
Gráfico 17	América Latina (12 países): distribución de ocupaciones en alto riesgo de automatización según rama, promedio simple.....	48
Recuadros		
Recuadro 1	¿Cómo se evalúa el riesgo relativo de sustitución tecnológica comparando los diferentes países? .....	20





## Resumen

Los profundos cambios tecnológicos en curso generan la destrucción y transformación de puestos de trabajo existentes y la generación de nuevos empleos. En el debate público, la preocupación se ha centrado en mayor medida en los riesgos de pérdida de empleos, y se han desarrollado varios métodos para estimar la cantidad de empleos que podrían ser objeto de sustitución tecnológica. La aplicación de estos métodos a las economías de América Latina y el Caribe sufre la debilidad de suponer que los mercados laborales de la región funcionan de la misma manera que los de los países desarrollados. Sin embargo, en los mercados laborales de América Latina y el Caribe existen sectores de baja productividad cuya dinámica se determina en gran parte por las necesidades de los hogares de bajos ingresos y la oferta laboral de estos hogares que no se ve afectada por los cambios tecnológicos en curso. Por lo tanto, en este documento se propone un ajuste al método de estimación del riesgo de sustitución tecnológica del trabajo humano elaborado por Frey y Osborne que toma en cuenta esta diferencia estructural. Como resultado, en el promedio de 12 países, se encuentran un riesgo medio de sustitución tecnológica de 24%, en vez de un 62% con la aplicación del método original. Sin embargo, gran parte de los empleos que según el método ajustado no se sustituirán serán los de peor calidad.

En el documento se analiza el riesgo de sustitución tecnológica del trabajo diferenciado por características como sexo, educación, edad y ramas de actividad y se identifican desafíos para contener los peligros de nuevas polarizaciones, segmentaciones y brechas en los mercados laborales. Estos peligros también están relacionados con un acceso desigual a las oportunidades de nuevas fuentes de ingreso laborales que surgen en el contexto de la transformación tecnológica. Por lo tanto, tanto los riesgos de destrucción como los desafíos de transformación y generación de empleos requieren el desarrollo de políticas orientadas a un desarrollo tecnológico-productivo inclusivo.



## Introducción

El avance tecnológico está cambiando las maneras en que las economías producen y trabajan. Una preocupación clave al respecto se refiere al futuro del trabajo. ¿Cuáles ocupaciones se volverán obsoletas? ¿Cuántos empleos se perderán por la sustitución tecnológica del trabajo humano? ¿Quiénes se verán afectados por estas pérdidas de empleo? ¿Podrán reinsertarse al mercado laboral en nuevas ocupaciones? ¿Qué tienen que hacer los trabajadores para adecuarse al cambio de las cualificaciones demandadas con las transformaciones tecnológicas? ¿Qué son las políticas públicas requeridas para promover el aprovechamiento de las oportunidades laborales que emergen con las nuevas tecnologías y contener sus posibles efectos negativos? Estas son algunas de las preguntas que aparecen con frecuencia en el debate público.

A nivel global, si bien ya se han observado procesos de destrucción y transformación de empleo en el contexto de la introducción de nuevas tecnologías, hasta ahora estos procesos no han incidido en una caída de los niveles de empleo. Más bien, en los países más avanzados tecnológicamente han aumentado las tasas de ocupación y, en algunos casos, las tasas de desocupación se ubican en niveles bajos en la comparación histórica, si bien en estos niveles influye, obviamente, la coyuntura económica (OECD, 2019). Sin embargo, esto no excluye que en el futuro los impactos sean más contundentes que hasta ahora y, si bien existen discrepancias sobre el alcance de estas transformaciones de los mercados laborales y los plazos en que tendrán lugar, hay poca duda que hay que tomar esto en cuenta para el diseño de las políticas adecuadas.

Son principalmente los avances en cuatro tecnologías que en el corto y mediano plazo tienden a tener el mayor impacto en las estructuras productivas y laborales: el internet móvil de alta velocidad, la inteligencia artificial y el *machine learning*, el análisis de grandes cantidades de datos (*big data*) y la tecnología de la nube (WEF, 2018a). Entre las aplicaciones de estas tecnologías que transforman los mercados laborales destacan, por ejemplo, robots y vehículos con crecientes

capacidades de aprendizaje y de ubicación (por medio de sensores) y plataformas digitales conectadas con *smartphones* cada vez más potentes.

Este estudio se concentra en los riesgos de la sustitución tecnológica del trabajo humano, pero también revisa aspectos de la generación de nuevos empleos.<sup>1</sup> Uno de los primeros estudios que intentó cuantificar este efecto es el de Frey y Osborne (2013) sobre los Estados Unidos. Gracias a la replicabilidad de su método, posteriormente éste fue aplicado a muchos otros países, tanto desarrollados como en desarrollo. En el primer capítulo de este documento se presentan los resultados de estos estudios.

Sin embargo, en este estudio se argumenta que existen al menos dos factores que hacen que si algún tipo de ajuste la aplicación del método de Frey y Osborne a los países de América Latina generaría resultados poco realistas. El primero de estos factores es la segmentación de los mercados de trabajo de la región. Estos mercados se caracterizan por un segmento de baja productividad de considerable tamaño, cuyo comportamiento se determina, principalmente, por la presión y las necesidades de la oferta laboral y que se desenvuelve lejos de la frontera tecnológica. La evolución del empleo en este segmento no sigue al funcionamiento de mercados laborales homogéneos como suelen analizar los libros de texto. Específicamente, un desplazamiento de dicha frontera como producto del avance tecnológico no tendría efectos en este sector. El segundo factor que afectaría la evolución de los mercados laborales en América Latina es el rezago en la implementación de las nuevas tecnologías, en comparación con los países más avanzados. Es de suponer que —por una serie de factores— aún en los segmentos de productividad mediana y alta los procesos de automatización y reconversión laboral no se darán del mismo modo o con la misma velocidad que en otros países. Por lo tanto, también el impacto directo de sustitución tecnológica del trabajo humano se daría de manera rezagada. Estos dos aspectos deberían considerarse en las estimaciones de automatización y creación de empleo para la región.

En este estudio se propone un ajuste al método de Frey y Osborne que toma en cuenta la diferencia estructural de los mercados laborales de la región en comparación a los de los países desarrollados, a través de la consideración del primer aspecto mencionado, es decir la existencia de un amplio sector de baja productividad.

Para ello, primero se estima la proporción de puestos susceptibles de ser automatizados aplicando sin ajuste el índice de automatización de Frey y Osborne en 12 países de América Latina en los cuales ha sido posible migrar la información contenida en la clasificación ocupacional de los EEUU a la clasificación utilizada en el país correspondiente. Después se aplica un ajuste que considera la segmentación de los mercados laborales de la región, suponiendo que los puestos de trabajo en los segmentos de baja productividad, generalmente de mala calidad, no se verán afectados por el cambio tecnológico. En el segundo capítulo de este documento se muestran los resultados de la aplicación del método original y del ajustado para analizar los riesgos de sustitución tecnológica del trabajo humano. Asimismo, se realizan estimaciones tanto en el agregado, como diferenciando por sexo, educación, edad y rama de actividad. Estos resultados sugieren que la aplicación del método ajustado no solo influye en los niveles de riesgo de la sustitución tecnológica

---

<sup>1</sup> Se prefiere el concepto de "riesgo de la sustitución tecnológica del trabajo humano" (o, brevemente, de la sustitución tecnológica) al de "riesgo de automatización", dado que destaca al aspecto específico de la automatización que es de interés en el contexto de este trabajo, mientras que la automatización tiene otras consecuencias que no se tratan en este documento.

del trabajo humano sino también en el grado en que este riesgo afecta a diferentes grupos de trabajadores.

Estas estimaciones solo consideran la posible sustitución del trabajo humano como fruto de la automatización. Sin embargo, al estimar futuras tendencias del mercado laboral es importante considerar además la creación de empleo que se podría dar simultáneamente. Para ello habría que tomar en cuenta el surgimiento de nuevos empleos tanto a partir de la introducción de nuevas tecnologías como de otras tendencias (cambios demográficos, ambientales, etc.) No es posible pronosticar todos los cambios estructurales que se darán en los mercados laborales, y estimaciones de la creación de empleo son escasas por este motivo, pero en el tercer capítulo se presenta una serie de consideraciones sobre las tendencias de la generación de nuevos empleos y sus características. En el cuarto capítulo se presentan las conclusiones de este trabajo.



# **I. El impacto de la automatización en los mercados laborales: la destrucción de empleos**

## **A. Antecedentes del índice de automatización de Frey y Osborne**

El análisis del impacto de la digitalización en los mercados laborales comenzó documentando los cambios producidos a nivel de ocupaciones. En este contexto se observó una caída de empleo en ocupaciones con alto contenido de tareas rutinarias. Por ejemplo, Autor y Dorn (2013) encontraron un cambio estructural con trabajadores saliendo de ocupaciones en el sector manufacturero con ingresos medios (las cuales dependen altamente de tareas rutinarias) hacia el sector de servicios con ingresos bajos. Se argumenta que, al requerir mayor grado de flexibilidad y adaptación física, las tareas manuales en el sector servicios son menos susceptibles de ser computarizadas. Asimismo, se observó un aumento del empleo en ocupaciones que requieren la realización de tareas de mayor contenido cognitivo.

En contraste, en un estudio de fuerte impacto Frey y Osborne (2013) destacaron que los desarrollos tecnológicos en el área de "aprendizaje automatizado" (*machine learning*) y "robótica móvil" (*mobile robotics*) complejizan el impacto del cambio tecnológico en el empleo. Estos avances se caracterizan por la capacidad de realizar actividades que hasta hace poco habían sido consideradas exclusivamente humanas y lo hacen a un ritmo cada vez más rápido. Los autores afirmaban que la capacidad de reemplazar el trabajo humano no iba a concentrarse solo en tareas rutinarias, sino que en los próximos años será posible automatizar tanto tareas cognitivas no rutinarias como ciertas tareas manuales no rutinarias.

Estos autores dieron un paso importante al intentar cuantificar los efectos de los avances tecnológicos sobre el empleo revisando las tareas realizadas en un conjunto de ocupaciones a las cuales le asignan una probabilidad de ser automatizada. Su principal y más mencionado resultado fue que cerca del 47% de los empleos en Estados Unidos estaría con un alto riesgo de ser

automatizado “a lo largo de un número no especificado de años, quizás una década o dos”.<sup>2</sup> Asimismo, los autores llegaron a la conclusión que el riesgo de automatización sería mayor entre las ocupaciones con menor nivel de cualificaciones y bajos salarios, sugiriendo entonces que los trabajadores que se desempeñan en estas ocupaciones serían los más afectados por las nuevas tecnologías.

El método propuesto por Frey y Osborne (de ahora en adelante, FO) utiliza la base de datos O\*NET (Occupational Information Network) de 2010, basada en una encuesta sobre características de ocupaciones, y la relaciona con el Clasificador Estándar de Ocupaciones (SOC2010) del Bureau of Labor Statistics (BLS) de los Estados Unidos. Combinando ambas fuentes identifican 702 ocupaciones con suficiente información sobre las tareas que realizan las personas ocupadas en ellas y con información del número de estos ocupados en el mercado laboral de los EEUU.

A partir de una revisión de la literatura sobre el aprendizaje automatizado (machine learning) y robótica móvil (mobile robotics) y un taller con investigadores especialistas identifican 70 de las 702 ocupaciones respecto a cuáles, con base en las opiniones de dichos expertos, los autores tienen confianza de que o pueden automatizarse completamente o no están en riesgo de automatización. Si bien esta caracterización tiene un componente subjetivo, los autores afirman introducir ciertos criterios objetivos al identificar algunas tareas para las cuales no será posible en el corto o mediano plazo reemplazar al humano. Estas tareas, que los autores consideran “cuellos de botella” a la automatización, se agrupan en tres categorías; “la percepción y la manipulación” como habilidades para realizar tareas físicas o que involucren trabajo en ambientes no estructurados, “tareas de inteligencia cognitiva” como creatividad y razonamiento complejo, y “tareas de inteligencia social” como habilidad para negociar y relaciones sociales complejas como tareas de cuidado o de sensibilidad a diferencias culturales. El O\*NET contiene diferentes variables que corresponden a dichos cuellos de botella y que – a través de criterios como su “importancia” y su “nivel” – permiten apreciar cuán difícil sería superarlos. El desarrollo de estos conceptos es una de las principales contribuciones de los autores.

En una segunda etapa, FO utilizan un algoritmo de clasificación probabilística que considera la matriz de tareas dentro de cada ocupación, para evaluar la exactitud de estas clasificaciones y luego para asignar índice de automatización a otras 632 ocupaciones del clasificador ocupacional americano. En total el índice se estableció para 702 de las ocupaciones de este clasificador.

Los autores presentan su análisis en base a categorías de riesgo (bajo riesgo con una probabilidad de sustitución tecnológica menor a 0,3, mediano riesgo, de 0,3 a 0,7, y alto riesgo, con más de 0,7 probabilidad de sustitución), concluyendo que un 47% del mercado laboral de Estados Unidos cae en la categoría de alto riesgo.

A pesar de las limitaciones de este método, su índice de automatización continúa siendo la alternativa metodológica más utilizada para estimar la proporción de ocupaciones en riesgo de automatización, ya que los autores pusieron este índice a disposición del público lo que ha permitido replicar el ejercicio. La adaptación de este índice a otros países ha resultado en interpretaciones en base a estas mismas categorías de riesgo, pero algunos autores presentan la probabilidad promedio de automatización de ocupaciones, la cual es simplemente el promedio de

---

<sup>2</sup> Frey y Osborne (2013: 38), traducido por los autores. Las probabilidades de automatización de las diferentes ocupaciones fueron puestas a disposición del público y utilizadas por otros autores para replicar el ejercicio en otros países. Más adelante se resumirá su procedimiento.



los índices de automatización de todos los empleos en un país o, en la práctica, el promedio ponderado de estos índices para todos los grupos de ocupación.

La aplicación de este índice en países desarrollados produce resultados bastante variados, pero generalmente elevados (cuadro 1). En efecto, con la excepción de Singapur, los estudios encuentran que 30% o más de sus empleos son altamente susceptibles de ser automatizados.

Cuadro 1  
Resultados de la aplicación del método de Frey y Osborne  
en países desarrollados

País	Autor	Resultados	
		Probabilidad promedio	Puestos de trabajo con alto riesgo de sustitución tecnológica
Alemania	Brzeski y Burk (2015)	59%	---
Estados Unidos	Frey y Osborne (2013)	---	47%
Europa	Banco Mundial (2016)	Varía entre un 50% en Lituania y un 60% en Croacia y Rumania	---
	Bowles (2014)	Varía entre un 45% en Suecia y un 62% en Rumania.	---
Finlandia	Pajarinen y Rouvinen (2014)	---	35%
	Pajarinen, Rouvinen y Ekeland (2015)	---	33%
Japón	Hongo (2015)	---	49%
	David (2017)	55%	---
Noruega	Pajarinen, Rouvinen y Ekeland (2015)	---	33%
Nueva Zelanda	NZIER (2015)	---	46%
Reino Unido	Deloitte (2014)	---	35% en el Reino Unido. 30% en Londres.
	Lawrence, Roberts y King (2017)	---	44% en el Reino Unido, con un rango entre 39% en Londres y 48% en Irlanda del Norte.
Singapur	Fuei (2017)	---	25%

Fuente: Elaboración propia en base a las fuentes citadas.

En América Latina, algunos estudios replican el método de FO para estimar la proporción de empleo en riesgo de sustitución (Cuadro 2). El Banco Mundial (2016) por ejemplo estima la probabilidad promedio de automatización para 11 países de la región. Sus resultados indican una probabilidad media de automatización no ajustada que va de 62% en República Dominicana, a 75% en Guatemala y El Salvador con un promedio de 67% (comparado con 57% en los países de la OCDE). Como ya se indicó, para ese estudio se realizó una segunda estimación considerando el rezago en la adopción de tecnologías que se observaría en la región con lo que encuentran una disminución significativa del riesgo de automatización que varía entre 40% en Nicaragua y el Estado Plurinacional de Bolivia y en torno al 63% en Argentina y Uruguay.

Otras aplicaciones incluyen Aboal y Zunino (2017) que utilizan el índice de automatización de FO para Argentina y Uruguay y encuentran que en promedio dos tercios de las ocupaciones en

estos países estaría en riesgo de ser reemplazados por el avance tecnológico (64% y 66% respectivamente). Estos autores no incluyen ningún tipo de ajuste a sus estimaciones.

En CEPAL (2018) se aplican las probabilidades de automatización elaboradas por FO a las 10 principales ocupaciones en términos de cantidad de empleados en cinco países latinoamericanos (Chile, Ecuador, El Salvador, México, Uruguay) y se realizan estimaciones sobre la cantidad de empleos automatizables en estas ocupaciones. Los resultados muestran una mayor probabilidad de automatización entre los vendedores y trabajadores de construcción y menor probabilidad entre comerciantes y conductores.

Cuadro 2  
Resultados de la aplicación del método de Frey y Osborne  
en países de América Latina

País	Autor	Resultados (probabilidad promedio)
Argentina	Frugoni (2016)	62%
	Aboal y Zunino (2017)	64,1%
	Banco Mundial (2016)	64% NA / 64% A
Bolivia, (Estado Plurinacional de)	Banco Mundial (2016)	67% NA / 41% A
Costa Rica	Banco Mundial (2016)	68% NA / 49% A
Ecuador	Banco Mundial (2016)	69% NA / 49% A
El Salvador	Banco Mundial (2016)	75% NA / 46% A
Guatemala	Banco Mundial (2016)	75% NA / 47% A
Panamá	Banco Mundial (2016)	65% NA / 47% A
Paraguay	Banco Mundial (2016)	64% NA / 46% A
República Dominicana	Banco Mundial (2016)	62% NA / 45% A
Uruguay	Aboal y Zunino (2017)	66,4%
	Isabella, Pittaluga y Mullin (s.f.)	65%
	Banco Mundial (2016)	63% NA / 63% A

Fuente: Elaboración propia en base a fuentes citadas.

NA: valores no ajustados son una replicación directa de Frey y Osborne A: valores ajustados consideran el rezago en la adopción de nuevas tecnologías.

El método de Frey y Osborne no está exento de limitaciones, muchas de las cuales son mencionadas por los propios autores.

En primer lugar, las asignaciones de las probabilidades de sustitución tecnológica del trabajo humano tienen un alto grado de subjetividad y son, por lo tanto, susceptibles a errores. Estas probabilidades se basan en la consideración de qué habilidades pueden ser automatizadas y cuáles no, es decir, si la tarea puede ser realizada por una computadora o un robot ahora o en el futuro cercano. Sin embargo, hay que considerar que la tecnología avanza tan rápido que es difícil predecir lo que será capaz de hacer en algunos años.

En segundo lugar, solo se evalúan las tareas de 70 ocupaciones y no hay garantía que sean representativas de las tareas realizadas por las otras ocupaciones a las que se les asignan las probabilidades correspondientes sin analizar caso por caso. Tercero, para la interpretación de sus resultados, los propios autores resaltan que sus estimaciones se refieren a la proporción del empleo cuya sustitución es tecnológicamente factible en una cierta cantidad de años, pero que no se trata

de estimar cuantos empleos se automatizarían de hecho. Que esto suceda dependerá de muchos factores externos no considerados en el ejercicio, por lo tanto, no se pretende pronosticar futuros cambios en la estructura ocupacional de los mercados laborales.

Más allá de las debilidades del estudio original, la aplicación del mismo método a otros países se basa en el supuesto (implícito) que en estos países las ocupaciones tienen las mismas características y probabilidad de sustitución tecnológica que en los Estados Unidos.

## **B. Métodos alternativos de estimación del riesgo de sustitución del trabajo**

En un estudio de amplia difusión, Arntz, Gregory y Zierahn (2016) pretenden superar la segunda limitación y analizan las tareas realizadas a nivel individual debido a que no todos los trabajadores que se desempeñan en una misma ocupación realizan las mismas tareas y, por lo tanto, su probabilidad de sustitución tecnológica puede ser diferente. Los autores utilizan información de la encuesta para adultos PIAAC (Programme for the International Assessment of Adult Competencies) que permite conocer las tareas realizadas independientemente de la ocupación y aplican los mismos ponderadores de automatización de FO para cada individuo. Con este método, los autores encuentran que solo 9% de los trabajadores en Estados Unidos tendrían alto riesgo de ser automatizados con incertidumbre con respecto al tiempo en el cual esto sucedería. Además, los autores replican el método para varios países de la OCDE que participaron en la encuesta PIAAC y encuentran heterogeneidad entre ellos, la cual reconocen pueden ser resultado de diferencias en cuanto a la organización del trabajo, en la inversión en nuevas tecnologías, así como diferencias en el nivel educativo de los trabajadores entre los países. Este método, si bien arrojó resultados menos alarmantes, no solucionó todas las limitaciones de FO y sumó nuevas restricciones. Por ejemplo, el hecho de trabajar con ocupaciones con una desagregación relativamente menor (a dos dígitos de la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones) podría sesgar los resultados al estimar la proporción en alto y bajo riesgo de sustitución tecnológica. Además, hay que considerar que la encuesta PIAAC tiene una cantidad limitada de observaciones lo cual restringe la representatividad de sus resultados a nivel de ocupaciones.

Más recientemente, Nedelkoska y Quintini (2018) propusieron nuevos ajustes metodológicos. Por un lado, igual que Arntz, Gregory y Zierahn (2016) utilizan el PIAAC, pero expanden su uso a 32 países que participan en la encuesta. Por otro lado, partiendo de conceptos desarrollados por FO para identificar obstáculos ("cuellos de botella") para la automatización, buscan corresponder mejor las tareas identificadas en PIAAC con estas actividades para reflejar el potencial de automatización del "aprendizaje automatizado". Asimismo, para solucionar la desventaja de trabajar a dos dígitos del código ocupacional, utilizan información a 4 dígitos para Canadá (único país para el cual se dispone de esta información a este nivel de desagregación) y luego aplican los coeficientes estimados para calcular el riesgo de automatización en las ocupaciones de los otros países. Los resultados finales arrojan valores similares a los de Arntz, Gregory y Zierahn (2016) con un 10% de los empleos con alta probabilidad de automatizarse en Estados Unidos y con grandes diferencias entre los países considerados. La proporción de empleos con alto riesgo de sustitución se estimó en valores que van de 33% en Eslovaquia a 6% en Noruega, con un 14% para el conjunto de los 32 países. Dengler y Matthes (2018a) aplican una versión modificada del método de FO y encuentran para Alemania que en 2013 un 47% de los ocupados trabajan en ocupaciones para cuya tarea principal el trabajo humano se considera sustituible por ser rutinario (manual o cognitivo). Sin

embargo, solo un 15% de los ocupados enfrentan un alto riesgo de sustitución ya que en más de 70% de las tareas que realizan su trabajo es sustituible. Cabe señalar que las autoras repitieron su ejercicio con datos de 2016 y encontraron que en Alemania, en solo tres años, la proporción de ocupados con alto riesgo de sustitución aumentó a 25%, con un incremento, sobre todo, en las ocupaciones menos calificadas (Dengler y Matthes, 2018b).

Por otro lado, el McKinsey Global Institute juntó un grupo de expertos con el objeto de medir el impacto de la automatización tanto a nivel macroeconómico como en los mercados laborales (Manyika et al, 2017a). Los autores desarrollaron un método que se basa en el análisis de las tareas realizadas en más de 800 ocupaciones, con información para Estados Unidos.<sup>3</sup> Se desarrollan distintos escenarios con respecto a la velocidad de adopción de la automatización y luego aplican los resultados a 45 otras economías del mundo. Los autores llegan a la conclusión de que a nivel global alrededor de la mitad de las tareas remuneradas tiene el potencial de ser automatizada con tecnologías ya disponibles y probadas, con menos de 5% de ocupaciones que se componen exclusivamente por tareas automatizables y 60% de las ocupaciones con hasta un tercio de las actividades en que el trabajo humano podría ser sustituida por nuevas tecnologías. En una publicación posterior, el mismo grupo de autores ajustó sus estimaciones tomando en cuenta factores como el costo de desarrollar e introducir soluciones de automatización, las dinámicas del mercado laboral, los beneficios de la automatización más allá de la sustitución del trabajo humano, así como la aceptación regulatoria y social de las nuevas tecnologías. En el escenario central del nuevo informe estiman que un 15% de las horas trabajadas (correspondiendo a 400 millones de personas a tiempo completo) su sustituirían hasta 2030, con un rango entre poco más de 0% y 30% según la velocidad de introducción de nuevas tecnologías (Manyika et al., 2017b). Este método tampoco está exento de limitaciones, algunas de las cuales son similares a las de FO en el sentido que se basan en el análisis subjetivo de expertos, utilizan algoritmos para evaluar las 18 habilidades a través de 2000 tareas y además extrapolan el ejercicio realizado en algunos países a otras economías del mundo.

Otro método propuesto para estimar las pérdidas de empleos debido a la automatización es basarse en las expectativas de los empleadores en un periodo de tiempo determinado. Esto es lo que se realiza en WEF (2018a) que utiliza una encuesta en línea denominada "Future of Jobs Survey" que se realizó entre noviembre de 2017 y julio de 2018 entre representantes de compañías multinacionales o locales importantes según la cantidad de empleados o sus ingresos. Sus resultados señalan que los empleadores esperan un cambio significativo en la frontera entre los humanos y las máquinas respecto a la realización de las tareas del proceso productivo. En las 12 industrias cubiertas en el informe se estima que, mientras en 2018 los humanos realizan un promedio del 71% del total de horas de tareas y 29% las máquinas, para el año 2022 este promedio habría cambiado a 58% de horas de trabajo realizadas por humanos y 42% por máquinas. En términos de ocupaciones, se estima que entre 2018 y 2022 el cambio tecnológico podría llevar a la pérdida de 75 millones de empleos existentes. Sin embargo, estos se compensarían por la generación de nuevos empleos con lo que el panorama general para las ocupaciones sería positivo

---

<sup>3</sup> Para evaluar el potencial de la automatización se desagregan las 800 ocupaciones en actividades o tareas. Cada una de estas, en total, 2000 actividades requieren una combinación de 18 capacidades o habilidades agrupadas en: percepción sensorial, capacidades cognitivas, procesamiento del lenguaje, habilidades sociales y emocionales y habilidades físicas. Luego se estima el nivel de rendimiento de cada una de estas habilidades que se requieren para realizar cada actividad laboral con éxito, basado en la forma en que los humanos la realizan en la actualidad (mediana del nivel humano, por debajo de la mediana, o en un alto nivel humano de rendimiento). Luego se evalúa el rendimiento de las tecnologías existentes hoy en día basado en los mismos criterios de rendimiento (Manyika et al., 2017a: 4).

(WEF, 2018a: 8). Los propios autores reconocen que estas estimaciones y los supuestos detrás de ellas deben tratarse con cautela, entre otros porque representan un subconjunto de empleos a nivel mundial. De todas maneras, destacan que son útiles para resaltar los tipos de estrategias de adaptación que deben implementarse para facilitar la transición de la fuerza laboral al nuevo mundo del trabajo. Al respecto resaltan dos grandes tendencias: 1) el declive a gran escala en algunos roles a medida que las tareas dentro de estos roles se automatizan o son redundantes, y 2) el crecimiento a gran escala de nuevos productos y servicios, y las nuevas tareas y empleos asociados, generados por la adopción de nuevas tecnologías y otros desarrollos socioeconómicos, como el aumento de las clases medias en las economías emergentes y los cambios demográficos.

En Alemania, un estudio de Arntz, Gregory y Zierahn (2018) analiza el impacto de cambios tecnológicos en el empleo con base en una encuesta de empresas. El método consiste en evaluar, primero, el impacto directo de la inversión de las empresas en tecnologías de diferentes niveles en el empleo de estas mismas empresas y, segundo, un modelo para estimar el impacto a nivel agregado en un plazo de cinco años. Para este plazo de 5 años identifican un impacto de la digitalización levemente positivo en el empleo – pero estiman que en un plazo más largo (avanzada la implementación de las nuevas tecnologías) el impacto directo en el agregado puede ser negativo. Sin embargo, para el mercado laboral en Alemania, en ese plazo las consecuencias positivas del cambio tecnológico para la productividad pueden tener un impacto indirecto positivo (tal como fue con la tecnología 3.0 que también tuvo un fuerte impacto directo ahorrador de mano de obra). En consecuencia, el principal impacto no estaría en la cantidad de los puestos de trabajo sino en la estructura del empleo, con aumentos de tareas analíticas e interactivas, una reducción fuerte de tareas rutinarias (cognitivas y manuales) y una pequeña baja en el número de ocupaciones manuales no rutinarias. Esto conllevaría una creciente desigualdad en la estructura ocupacional y los salarios.

Existen varios estudios sobre el impacto de la automatización en el empleo a partir de la medición de procesos reales. Un ejercicio realizado por Acemoglu y Restrepo (2017) muestra el efecto del aumento del uso de robots en industrias entre 1990 y 2007 en los mercados laborales locales de los Estados Unidos. Usando un modelo en el que los robots compiten contra el trabajo humano en la producción de diferentes tareas, encuentran un impacto negativo significativo de robots en mercados laborales locales, tanto en el nivel del empleo como en los salarios, de manera que un posible efecto compensatorio no habría alcanzado para crear empleos de la misma cantidad y calidad que los puestos de trabajo destruidos. En un ejercicio similar, Graetz y Michaels (2018) encuentran para 17 países desarrollados que robots industriales tuvieron un impacto positivo tanto en la productividad laboral como en la productividad total de factores, sin tener un impacto significativo en el nivel del empleo agregado. Sin embargo, el uso de robots redujo la proporción de trabajadores de bajo nivel de cualificación. Dauth et al. (2017) encuentran que en Alemania cada robot industrial destruye dos empleos manufactureros, aunque este impacto se da más a través de menores niveles de contratación que por medio de despidos. En el agregado las pérdidas de empleos manufactureros fueron más que compensadas por nuevos puestos de trabajo en los servicios. Finalmente, varios otros estudios sobre países de la OCDE, citados por Naudé (2019: 12), confirmaron que la automatización no llevó a pérdidas neto de empleos.

También se han realizado estimaciones para América Latina con otras metodologías. Manyika et al. (2017a: 9) identifican elevadas y similares tasas de actividades (no empleos!) automatizables que en ocho países latinoamericanas afectarían un mínimo de 45% de las actividades que se realizan en la actualidad. Cadena et al. (2017: 108) resumen estos resultados para siete países latinoamericanos, llegando a la conclusión de que actividades que corresponden a un equivalente

de 75 millones de empleos a tiempo completo podrían automatizarse. En el escenario central de su estimación ajustada, McKinsey Global Institute (Manyika et al., 2017b), proyectan que entre 2016 y 2030 en los países latinoamericanos que analizan se automatizarían entre alrededor de 7% de las actividades en el Perú y alrededor de 14% en el Brasil.

Por su parte, el Banco Interamericano de Desarrollo ha señalado que aproximadamente la mitad del tiempo de los trabajadores latinoamericanos podría automatizarse (BID, 2018: 98).

En un estudio empírico, Dutz, Almeida y Packard (2018) encuentran un impacto positivo en el empleo de la introducción de tecnologías de información y comunicación a nivel de empresas manufactureras en cuatro países latinoamericanos, en general tanto para trabajadores con altos y bajos niveles de cualificación. En el agregado, el resultado de los autores es menos positivo, según su estudio de caso de Brasil, debido a la salida del mercado de empresas que quedaron rezagadas en el cambio tecnológico. En el corto plazo habría, más bien, efectos negativos en el empleo, sobre todo para personas que se dedican a tareas manuales rutinarias.

En resumen, existe una variedad de métodos y ejercicios para estimar la posible magnitud de la sustitución tecnológica, cada una con sus fortalezas y debilidades. También los supuestos (explícitos e implícitos) y los alcances de los estudios varían, por ejemplo, si las estimaciones se limitan a la factibilidad tecnológica de la sustitución o si se pretende tomar en cuenta otros factores. En consecuencia, los diferentes ejercicios sobre la destrucción de empleos por medio de procesos de automatización generan una amplia gama de resultados que reflejan diferentes métodos con fortalezas y debilidades y no existe ningún método óptimo (Balliester y Elsheikhi, 2018: 10-11; World Bank, 2018: 22).

#### **Recuadro 1**

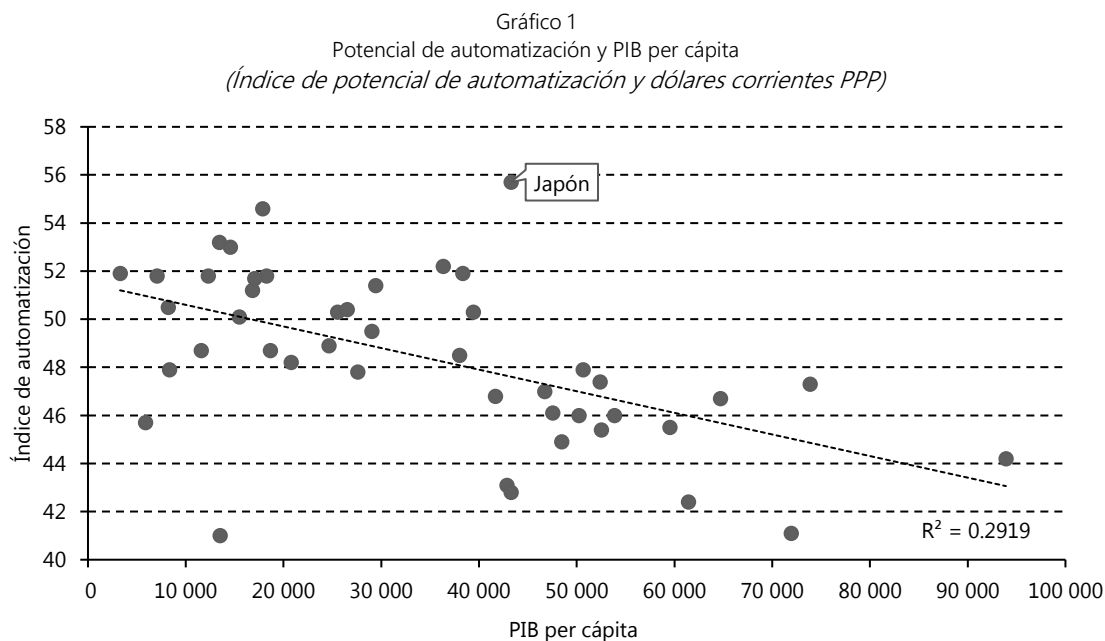
##### **¿Cómo se evalúa el riesgo relativo de sustitución tecnológica comparando los diferentes países?**

Varios estudios han señalado que el potencial de automatización está negativamente correlacionado con el PIB. Este es el caso, por ejemplo, en el estudio del Banco Mundial (2016) que, aplicando el método de FO, encuentra que Etiopía es el país donde una mayor proporción de puestos de trabajos se perderían por este motivo. También Micco y Soler (cit en BID 2018: 98-99) afirman que la proporción de empleos con riesgo de sustitución por la automatización decrece con el PIB p.c. del país.

Por su parte, Chui, Manyika y Miremadi (2017) presentan los resultados de Manyika et al. (2017a) sobre el porcentaje de actividades que podrían automatizarse con base en las tecnologías ya disponibles, para 46 países, entre ellos ocho países de América Latina y el Caribe. Ellos destacan la importancia de la composición del empleo por rama de actividad, ya que estas muestran diferentes grados de posibilidad de automatización, así como la composición del empleo dentro de las diferentes ramas. Por ejemplo, el peso y las características de la industria manufacturera en Japón explicarían el alto nivel de potencial de automatización en este país, comparado con los EEUU. No obstante, en términos generales, indican que el potencial de automatización está negativamente correlacionado con el PIB p.c., siendo Japón un outlier (gráfico R.1).

Sin embargo, hay al menos dos factores que modifican esta relación. Por un lado, hay que considerar la capacidad de los países en vías de desarrollo de incorporar efectivamente las nuevas tecnologías de automatización. En efecto, la introducción de un rezago por los obstáculos de implementación de las nuevas tecnologías que los países en desarrollo enfrentan en comparación con los países desarrollados modifica la citada correlación.

Así, el Banco Mundial (2016: 129) encuentra que la proporción de empleos en riesgo en los países de la OCDE superaría la de la gran mayoría de los países en desarrollo si se incluye un ajuste basado en los rezagos observados en la adopción de nuevas tecnologías en el pasado. Sin embargo, aun con este ajuste la mayor proporción de puestos de trabajo en riesgo de automatización se encuentra en Argentina y Uruguay (ambos de renta media) que muestran una proporción superior tanto a países de menor nivel de desarrollo como respecto al promedio de la OCDE<sup>a</sup>.



Fuente: Elaboración propia con base en Chui, Manyika y Miremadi (2017) y World Development Indicators (acceso 28.12.2018).

Nota: En el gráfico se excluye a Katar por ser un outlier extremo.

Asimismo, Manyika et al. (2017b: 3) que además del mencionado ajuste por factores como el costo de la automatización, consideran las dinámicas de los mercados laborales y la aceptación social de los cambios, entre otros, encuentran que el porcentaje de actividades laborales actuales que se automatizarían en un horizonte a 2030 es mayor en los países desarrollados que en los países en vías de desarrollo.

Como se verá más adelante, en este trabajo también se cuestiona la correlación negativa entre el nivel del ingreso per cápita y la magnitud de la probabilidad de la sustitución tecnológica del trabajo humano. Si bien, como se argumenta más adelante con más detalle, los obstáculos en la implementación de las nuevas tecnologías y los rezagos correspondientes son un aspecto relevante al respecto, aquí se da más énfasis en las características de la estructura del mercado laboral en países en desarrollo que se diferencia a la de los países desarrollados.

Fuente: Elaboración propia.

<sup>a</sup> Llama la atención que para Argentina y Uruguay no se aplica un ajuste por rezago, lo que los lleva a ubicarse en tan altos niveles de probabilidad de sustitución tecnológica.





## **II. El riesgo de sustitución tecnológica del trabajo humano: una mirada desde América Latina**

### **A. Las razones y características del ajuste metodológico**

La aplicación del método de FO a otros países que los Estados Unidos, el caso para el cual fue diseñada originalmente, genera complicaciones adicionales a las del propio método, a las cuales se ha hecho referencia previamente. Por ejemplo, es cuestionable el supuesto implícito que en todos los países las ocupaciones tienen las mismas características. Como se resumió previamente, en varios países se ha utilizado la encuesta PIAAC para enfrentar este problema. La posibilidad de que en las mismas ocupaciones se realizan tareas diferentes, es aún mayor en países como los de América Latina. Lamentablemente, de los países de la región, solo Chile ha participado en dicha encuesta, lo que limita su utilización para estudios sobre la región. Además, en la región la aplicación del método de FO enfrenta dos obstáculos adicionales que se discutirán a continuación.

La aplicación directa del índice de automatización de FO implica suponer que la estructura ocupacional y el funcionamiento del mercado laboral de Estados Unidos se replica del mismo modo en otros países. Sin embargo, en los países latinoamericanos estas pautas pueden ser bien diferentes, por ejemplo, en el sector agropecuario, el cual en América Latina, en su gran mayoría, tiene características tecnológicas fundamentalmente diferentes a la agricultura estadounidense (OPP 2018: 26, nota de pie de página 22). Si se quiere entender el ejercicio de FO como insumo para un análisis de probabilidad real de sustitución del empleo humano y no solo como la posibilidad tecnológica de sustitución, hay que tomar en cuenta dos aspectos adicionales, las diferencias en el funcionamiento de los mercados de trabajo en los diferentes países y las diferencias en la introducción de las nuevas tecnologías al aparato productivo, donde más allá de la factibilidad tecnológica influyen aspectos económicos, políticos y sociales.

En esta sección se profundiza en estos dos aspectos. En términos simples, en los mercados de trabajo de América Latina se puede diferenciar un grupo de trabajadores cuyo empleo está determinado principalmente por la demanda laboral que emana de los procesos productivos y administrativos de las empresas y el sector público, y por el otro lado, un grupo de personas cuya participación en el mercado laboral refleja la insuficiencia de los empleos generados por el primero (Porcile, 2011). Este segundo segmento refleja las necesidades de sobrevivencia de muchos hogares, principalmente de bajos ingresos y su dinámica responde, por lo tanto, principalmente a la oferta laboral. Se caracteriza por una escasa dotación de capital y tecnología y, en consecuencia, por bajos niveles de productividad. Dado que son las necesidades de subsistencia de dichos hogares los que determinan la inserción laboral de estas personas y no las condiciones económicas y productivas del mundo empresarial y el funcionamiento del mercado de trabajo formal, esta inserción no se ve afectada por desplazamientos de la frontera tecnológica, de la cual se ubican a gran distancia.

Expresión de la coexistencia de estos segmentos es, entre otros, el hecho de que la evolución del empleo en el primer segmento es principalmente pro-cíclica, mientras que el segundo tiene una fuerte componente contra-cíclica (Weller y Kaldewei, 2014). Otra característica consiste en la evolución de los ingresos relativos de ambos segmentos a lo largo del ciclo económico. En efecto, en comparación con los ingresos medios del segmento determinado principalmente por la demanda laboral, los ingresos medios del segmento determinado principalmente por la oferta tienden a mostrar una evolución negativa en períodos de crisis o bajo crecimiento económico y una evolución positiva en período de crecimiento económico más elevado. Esto refleja principalmente un aumento del número de ocupados en este segmento en tiempos de baja demanda laboral debido a un bajo crecimiento económico y su reducción en fases de crecimiento relativamente elevado.

En la tradición estructuralista de la CEPAL estos segmentos se denominan sectores de alta o media productividad, por un lado, y sectores de baja productividad, por el otro. Para la medición de los sectores de baja productividad se utiliza como indicador sustitutivo (*proxy*) los trabajadores por cuenta propia que no son profesionales ni técnicos, los asalariados y empleadores de microempresas, el servicio doméstico y los trabajadores no remunerados.

Hay que reconocer que la utilización de este proxy tiene ciertas debilidades. Primero, precisamente con el surgimiento de las nuevas tecnologías el criterio del número de ocupados tiende a perder fuerza predictiva para determinar empresas de baja productividad. Estas tecnologías pueden permitir a microempresas (identificadas a partir del número de ocupados) de alcanzar niveles de productividad que superan con creces a los de las microempresas que suelen caracterizar los sectores de baja productividad. Por otra parte, el servicio doméstico es heterogéneo en términos de tareas que se ejecutan. Ciertas de estas actividades son crecientemente sustituibles por nuevas tecnologías y es de suponer que también en América Latina cierta proporción de las personas que se desempeñan en esta categoría de ocupación pueda sustituirse con el uso de estas tecnologías<sup>4</sup>. Sin embargo, para mantener cierta homogeneidad con la medición de los sectores de baja productividad con otros trabajos elaborados por la CEPAL – y también, admitido sea, por la ausencia de una medición *proxy* actualizada – en este trabajo se ha utilizado este método de medición indirecta.

---

<sup>4</sup> Además, debido a que en las encuestas de empleo frecuentemente la pregunta se dirige al tamaño del establecimiento de trabajo (en términos de personas ocupadas), sucede que ocasionalmente los empleados públicos que se desempeñan en oficinas de menor tamaño se identifican erróneamente como parte de los sectores de baja productividad.

Entre los países de la región considerados, se observa que en promedio casi la mitad de los trabajadores se desempeña en los sectores de baja productividad así medidos, aunque con grandes diferencias por país (cuadro 3). El porcentaje de trabajadores en sectores de baja productividad varía entre un 30% en Chile, cerca de 40% en Uruguay y Argentina y más de 70% en Bolivia (el Estado Plurinacional de), El Salvador y Honduras.

Cuadro 3  
Porcentaje de trabajadores en sectores de baja productividad, 2016<sup>a</sup>  
(En porcentajes)

	Cuenta propia no profesionales ni técnicos	Asalariados y empleadores de microempresas	Empleados domésticos	Trabajadores no remunerados	Total sectores de baja productividad
Argentina	16,4	15,6	7,8	0,6	40,3
Bolivia (Estado Plurinacional de)	40,0	17,8	1,6	14,4	73,8
Brasil	24,8	11,8	6,9	2,3	45,7
Chile	17,1	10,1	3,7	0,4	31,3
Ecuador	32,1	19,0	2,8	11,0	64,9
El Salvador	44,6	23,4	5,3	5,7	79,0
Guatemala	25,8	23,5	3,3	10,9	63,6
Honduras	28,0	32,9	2,7	9,1	72,6
México	21,2	17,4	4,9	4,9	48,4
Perú	36,8	17,0	2,5	9,9	66,2
República Dominicana	35,3	8,8	6,1	1,2	51,4
Uruguay <sup>b</sup>	18,6	11,1	7,0	0,9	37,7
América Latina	24,5	14,7	5,6	4,1	48,9

Fuente: Elaboración propia en base a datos encuestas de hogares.

<sup>a</sup> En Bolivia (Estado Plurinacional de), Brasil, Chile y México se refiere a 2015, en Guatemala a 2014.

<sup>b</sup> Los sectores de baja productividad de Uruguay además incluyen un 0,1%, que son los trabajadores del programa público de empleo.

En segundo lugar, cabe recordar que las estimaciones sobre la sustitución tecnológica del trabajo humano suelen centrarse en la factibilidad tecnológica de la automatización. Sin embargo, como se ha argumentado en Weller (2017), frente a esta perspectiva de un “determinismo tecnológico” y una perspectiva “compensatoria” que asume que los mecanismos de mercado compensan posibles pérdidas de empleo se propone una perspectiva “contextual condicionada”. Desde esta perspectiva es clave que se tome en cuenta la velocidad y las características de implementación de los avances tecnológicos, de manera que sus efectos en el empleo dependen de políticas públicas aplicadas y del actuar de los actores privados, si bien dentro de límites influidas por la utilización competitiva de estas tecnologías.

Desde esta perspectiva “contextual condicionada” se plantea que hay una serie de factores que inciden en si una sustitución del trabajo humano que tecnológicamente es factible se realiza o no en un momento dado. En el cuadro 4 se muestra en la columna izquierda como ciertos factores favorecen u obstaculizan la introducción de nuevas tecnologías.

Cuadro 4  
Factores que influyen en la introducción de nuevas tecnologías

	Impacto general en la introducción de nuevas tecnologías	Impacto relativo potencial en América Latina
Proporción de tareas que pueden automatizarse	+	(+)
Ganancias en productividad laboral	+	+
Reducción de costos laborales	+	-
Capacidad de innovación y ajuste	+	-
Costo de implementación	-	-
Costos de mantenimiento y actualización	-	-
Buena infraestructura general	+	-
Restricciones legales o administrativas	-	+ / -
(Otros) factores específicos de sectores y empresas	+ / -	+ / -

Fuente: Elaboración propia.

Específicamente existiría una correlación positiva entre la probabilidad de la aplicación del cambio tecnológico y las siguientes variables:

- La proporción de las tareas que se desarrollan en una ocupación que se puede automatizar (factor tecnológico) y su importancia relativa en el conjunto de las tareas que se ejercen en esta ocupación,
- Las ganancias de productividad que la nueva tecnología generaría,
- La reducción de los costos laborales a través de la sustitución del trabajo humano,
- La capacidad de innovación y ajuste tecnológico, incluyendo la disponibilidad del trabajo calificado requerido para el manejo eficiente de las nuevas tecnologías,
- El grado de desarrollo de la infraestructura (energética, vial, etc.).

En contraste, los costos de la introducción y del mantenimiento y la actualización estarían negativamente correlacionados con la probabilidad de introducción de las nuevas tecnologías (maquinaria, patentes, mano de obra especializada, etc.).

Por otra parte, puede haber restricciones legales o administrativas que pueden disminuir el ritmo del proceso de automatización. Finalmente, puede haber factores específicos a nivel de los rubros y de las empresas que influyen en la decisión respecto a la introducción de las nuevas tecnologías, por ejemplo, la estructura competitiva del mercado y su evolución, así como las proyecciones de la demanda.

En la columna derecha se presenta, como las características económicas y tecnológicas de América Latina y el Caribe incentivan o desincentivan la introducción de las nuevas tecnologías, en comparación con la pauta general revisada en la columna izquierda (Weller, 2017). Con base en los argumentos expuestos previamente, estas consideraciones excluyen a los segmentos de baja productividad y se refieren solo a los segmentos de productividad media y alta.

Solo una variable refleja un claro incentivo relativo para la introducción de las nuevas tecnologías en la región, a saber, las ganancias de productividad, las cuales – partiendo de niveles de productividad más bajas que en las economías más desarrolladas – pueden ser mayores que en estas, al saltarse tecnologías previamente avanzadas, pero ahora menos competitivas en relación a

las nuevas formas de producción (*leap-frogging*). En ciertas situaciones también la proporción de tareas automatizables puede favorecer la introducción de estas tecnologías, dado que se puede suponer que en muchos rubros prevalecen en mayor grado que en economías más desarrolladas tareas rutinarias que tienden a ser más fácilmente automatizables que tareas no rutinarias.<sup>5</sup>

En contraste, hay una serie de variables que —en relación con las economías más desarrolladas— tienden a desincentivar la introducción de las nuevas tecnologías:

- Las ganancias por reducción de costos laborales serían menores en América Latina y el Caribe debido a los salarios más bajos.<sup>6</sup>
- La capacidad de innovación y ajuste suele ser menor, como lo ilustran, por ejemplo, los datos sobre el gasto y el número de expertos activos en investigación y desarrollo tecnológico (CEPAL, 2016).
- Los costos de implementación y de mantenimiento y actualización tienden a ser más elevados dado que los bienes y servicios correspondientes frecuentemente deben importarse y por la escasez de trabajadores especializados.
- La infraestructura tiene a ser de peor calidad lo que puede representar un obstáculo (o generar costos adicionales) para la introducción de las nuevas tecnologías.

Finalmente, puede haber factores específicos legales o administrativos, o a nivel de rubro o empresa que pueden incentivar o desincentivar la aplicación del cambio tecnológico en el mundo laboral.

En conclusión, en los segmentos de productividad intermedia y alta predominan factores que inciden en una introducción más lenta de las nuevas tecnologías, con lo cual también los procesos de sustitución tecnológica del trabajo humano serían más lentos y no tomar en cuenta este factor tiende a generar una sobreestimación de la sustitución tecnológica del trabajo humano en un período dado.

Por otra parte, hay que tomar en consideración que las empresas de los sectores de productividad media y alta se desempeñan en contextos competitivos, algunos de ellos abiertos a la competencia externa. En economías abiertas esto implica, que rezagos en la introducción de nuevas tecnologías, si bien podrían implicar que hay un menor nivel de sustitución tecnológica directa, conllevan el riesgo de pérdidas en la productividad y, por lo tanto, en la competitividad relativa. En consecuencia, la competencia externa podría desplazar la producción interna, con la destrucción de empleos correspondiente. Otro impacto indirecto del cambio tecnológico en la destrucción del empleo consistiría en la reestructuración de las cadenas mundiales de valor, ya que la automatización de segmentos de la cadena que se reubicarían afectaría la ventaja de los menores costos laborales que había incentivado el outsourcing de la producción a países en desarrollo (Carbonero, Ernst y Weber, 2018).

En este trabajo solo se aplica un ajuste metodológico que toma en cuenta la primera de estas dos consideraciones sobre ajustes requeridos al método de FO.<sup>7</sup> Los resultados de este ejercicio se presentan a continuación.

---

<sup>5</sup> Dado que esta situación no es generalizada, en el cuadro 5 se pone esta valoración entre paréntesis.

<sup>6</sup> Como los otros factores, no se trata de un obstáculo insuperable para la introducción de nuevas tecnologías. Por ejemplo, a pesar de fuertes aumentos salariales durante los últimos años, China todavía tiene salarios comparativamente bajos. Sin embargo, a la vez es el país con el mayor envío de robots industriales multipropósito (CEPAL 2018: 29). Según Giuntella y Wang (2019), esto tiene un fuerte impacto negativo en el empleo y los salarios.

<sup>7</sup> Como ya se mencionó, el Banco Mundial (2016) aplica un ajuste a sus estimaciones realizadas con base en el método de FO, para el cual toma en cuenta rezagos en la introducción de nuevas tecnologías observados en el pasado. Sin embargo, aplican este ajuste al conjunto de los ocupados.

## B. Estimaciones del riesgo de sustitución

En este estudio se aplica el método de FO a 12 países de la región. En un primer paso se replicó el método original, principalmente para poder comparar los resultados con los de otros estudios similares. Como se explicará más adelante con mayor detalle, después se aplica un ajuste al método original para dar cuenta a las características específicas de los mercados laborales latinoamericanos. En particular, se considera el hecho de que un segmento importante de trabajadores se ubica lejos de la frontera tecnológica y cambios tecnológicos que desplazan esta frontera no los afecta, o por lo menos no lo hará en el futuro próximo.

Para poder aplicar los índices de FO y realizar comparaciones a nivel internacional, se utilizó la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (CIUO) de la Organización Internacional de Trabajo (OIT) de 2008.<sup>8</sup> A la CIUO 2008 se transfirió tanto el índice de automatización de FO para las ocupaciones definidas por el Bureau of Labor Statistics como las clasificaciones nacionales publicadas por los institutos de estadística nacionales.<sup>9</sup>

Cabe señalar que los resultados entre los países no son estrictamente comparables. Específicamente, los 12 países se diferencian según el grado de desagregación con el cual se presentan el empleo según ocupaciones, facilitando una mayor desagregación una replicación más fiel del método original, mientras que una desagregación menor incide en resultados menos diferenciados dado que, al agrupar las ocupaciones a dos o tres dígitos, se promedian los índices de automatización dentro de cada categoría, perdiéndose la diferenciación de los índices de automatización de las ocupaciones más específicas. Entre los países abarcados en este estudio, los institutos nacionales de estadística presentan las ocupaciones con una desagregación a cinco dígitos para la Argentina, a cuatro dígitos en Brasil, Chile, Ecuador, El Salvador, Honduras, México, Perú y Uruguay; a tres dígitos en República Dominicana y a dos dígitos en Bolivia (Estado Plurinacional de) y Guatemala. En el caso de Perú y Argentina, al transferir los índices ocupacionales del clasificador nacional al CIUO08, las tablas de correspondencia requirieron una agrupación a dos y tres dígitos, respectivamente.

Para realizar este estudio, no se pudieron incorporar todos los países de las cuales se dispone de las bases de datos de las encuestas de hogares correspondientes. En el caso de Costa Rica, Panamá, y Paraguay, los códigos ocupacionales solo están disponibles a un dígito y agrupar los índices de automatización a un nivel tan alto de agregación generaría resultados poco relevantes. De manera similar, si bien Colombia presenta un código ocupacional agregado a dos dígitos, para transferir el índice ocupacional nacional al CIUO08, las tablas de correspondencia requerirían una agregación demasiado fuerte. Finalmente, la base de la encuesta de Venezuela (República Bolivariana de) no especifica el clasificador de ocupaciones utilizado.

### 1. Resultados generales del método original

Los resultados de la aplicación del método no ajustado de FO a 12 países latinoamericanos se presentan en el gráfico 1. Según este cálculo, en el promedio de los 12 países, casi dos tercios de los empleos serían automatizables (62%). Este indicador oscila entre 56% en Brasil y Chile hasta 70% en Guatemala. En el promedio, los resultados indican una probabilidad de sustitución tecnológica muy similar para hombres y

---

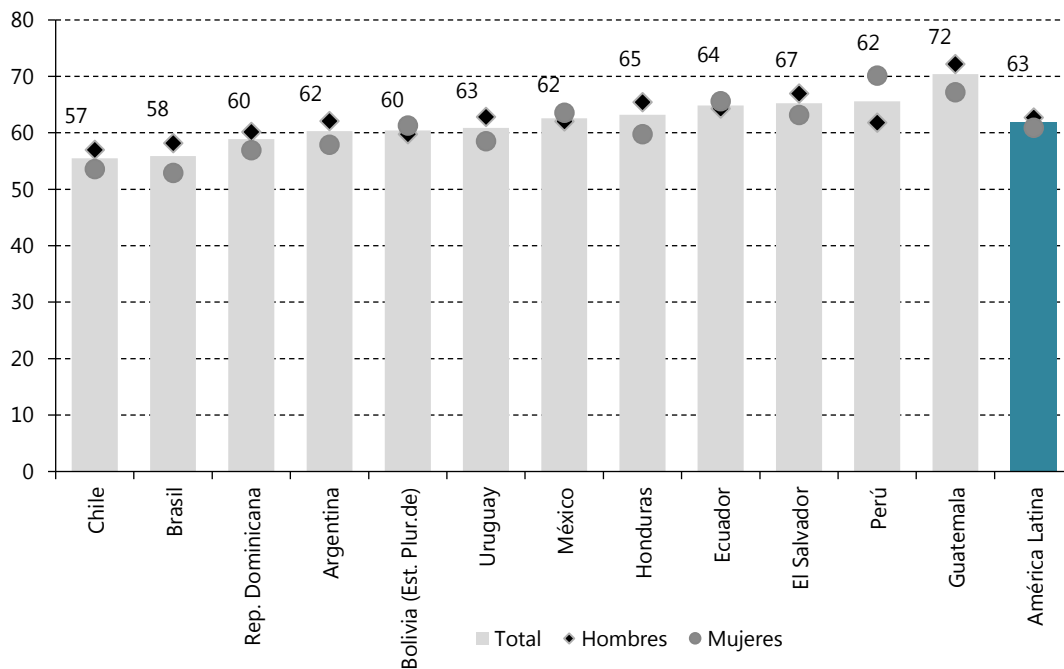
<sup>8</sup> Disponible en <http://www.ilo.org/public/spanish/bureau/stat/isco/index.htm>

<sup>9</sup> El Bureau of Labour Statistics proporciona una tabla de correspondencia disponible en [https://www.bls.gov/soc/ISCO\\_SOC\\_Crosswalk.xls](https://www.bls.gov/soc/ISCO_SOC_Crosswalk.xls)

mujeres, con una mayor probabilidad de sustitución para los hombres en la mayoría de los países y una mayor probabilidad para las mujeres en Bolivia (Estado Plurinacional de), Ecuador, México y el Perú.

En comparación con las estimaciones del Banco Mundial (2016: fig. 2-24) sobre los siete países abarcados en ambos ejercicios, estas estimaciones indican niveles ligeramente más bajos, pero un posicionamiento relativo muy similar de los países, ya que para Guatemala y El Salvador se calculan las probabilidades más elevadas y para la República Dominicana la más baja.

Gráfico 1  
 Proporción promedio de ocupaciones susceptibles de ser automatizadas,  
 método Frey y Osborne  
 (En porcentaje)



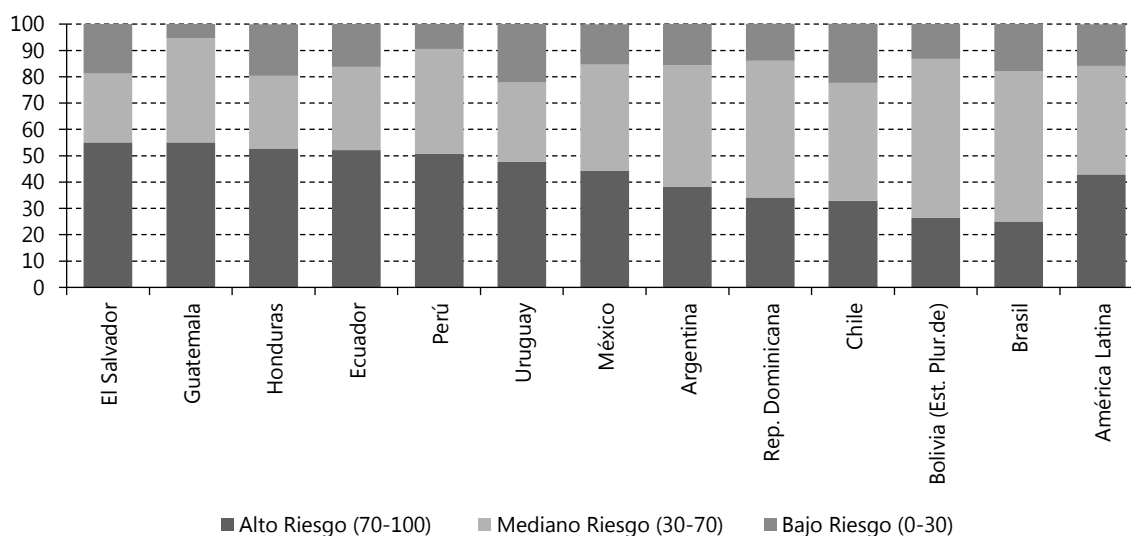
Fuente: Elaboración en base a datos encuestas de hogares.

En el gráfico 2 se presentan los resultados sobre la distribución de los ocupados entre tres grupos con diferentes riesgos de sustitución tecnológica: puestos de trabajo en bajo riesgo (riesgo menor a 0,3), mediano riesgo (de 0,3 a 0,7) y alto riesgo (probabilidad mayor a 0,7). Los resultados para los países de la región muestran que la proporción de ocupaciones en alto riesgo de sustitución oscila entre 25% en Brasil y más de 50% en El Salvador, Honduras y Ecuador. Respecto al riesgo de sustitución ambas mediciones (los promedios y los tres grupos de riesgo) muestran algunas diferencias importantes entre los países. Por ejemplo, Argentina y el Estado Plurinacional de Bolivia tienen una probabilidad promedio de automatización muy parecida, de alrededor de un 60%, pero la proporción con alto riesgo de automatización es de 38,3% en el primero y de 26,4% en el segundo.

Los altos niveles de riesgo mostrado por la aplicación del método no ajustado de FO se explican por el hecho que su índice de automatización le otorga una alta probabilidad de sustitución a ocupaciones que concentran muchos trabajadores en América Latina. El cuadro 5 muestra este índice para ocupaciones seleccionadas a 3 dígitos del código CIUO de 2008. Se observa que ocupaciones relacionadas con tareas agropecuarias, pesca y forestales, limpiadores y vendedores callejeros tienen

asignadas altos índices de automatización. Por el contrario, ocupaciones relacionadas con servicios de enseñanza y cuidado de salud tienen menores probabilidades de automatización.

Gráfico 2  
Proporción de ocupaciones con bajo, medio y alto riesgo de sustitución tecnológica  
(En porcentaje)



Fuente: Elaboración en base a datos encuestas de hogares.

Cuadro 5  
Índice de automatización de Frey y Osborne, ocupaciones seleccionadas

Grupo ocupacional (CIUO-08 3 dígitos)	Índice FO
Maestros de enseñanza	0,01
Profesionales de enfermería	0,04
Médicos	0,05
Farmacéuticos	0,06
Directores generales y gerentes generales	0,06
Mecánicos	0,48
Oficiales y operarios de construcción	0,51
Profesionales de nivel medio en actividades culturales y artísticas	0,52
Conductores	0,52
Técnicos médicos	0,52
Oficinistas generales	0,54
Peones agropecuarios, pesqueros y forestales	0,88
Cajeros y expendedores de billetes	0,94
Limpiadores	0,94
Vendedores callejeros y de puestos de mercado	0,98

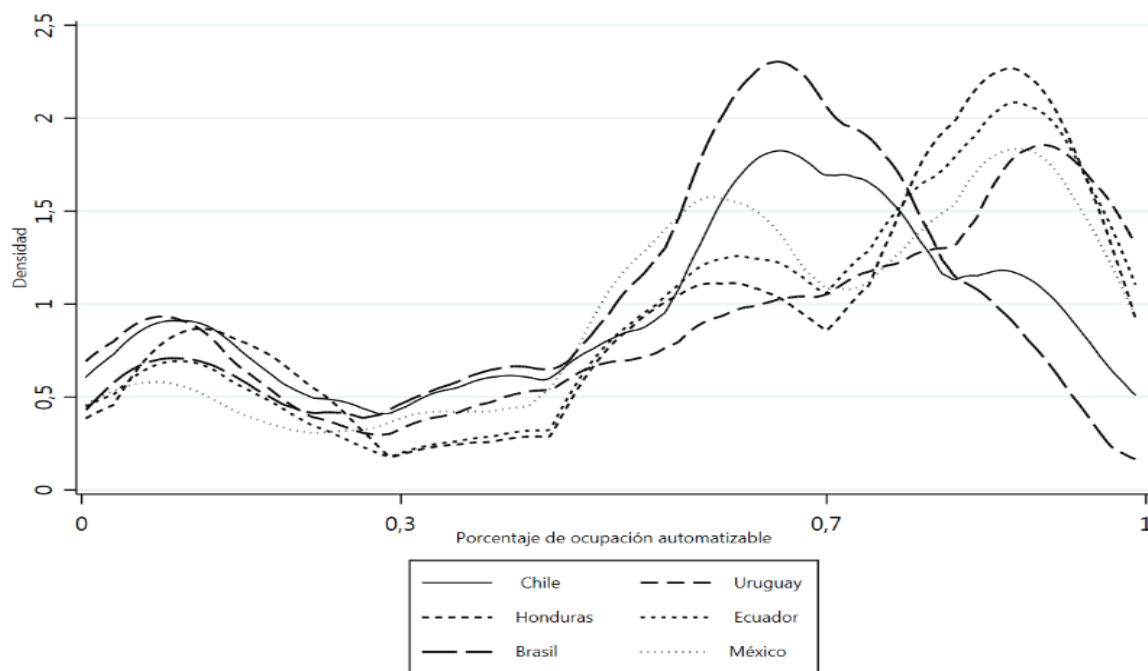
Fuente: Frey y Osborne, 2013.

Otra forma de representar los grupos con alta, media y baja probabilidad de automatización por país es a través de gráficos de distribución de estas probabilidades. El gráfico 3 muestra la distribución de la automatización para algunos países de la región y ejemplifica la amplia diferencia entre los países.



Por ejemplo, el punto modal en Brasil y Chile se encuentra por debajo de 70%, en los restantes países considerados se encuentran cerca de 90%. Asimismo, se observa que México tiene una segunda concentración en valores cercanos al 60% es decir de riesgo medio, lo que indica que este país tiene una estructura con una elevada proporción de ocupaciones de riesgo medio de automatización.

Gráfico 3  
Distribución de probabilidad de automatización para países seleccionados  
(En puntos porcentuales)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de encuestas de hogares.

## 2. Resultados generales del método ajustado

En esta sección se presentan los resultados de la aplicación del ajuste del método de FO. Como se explicó, debido a que no es posible diferenciar las ocupaciones individuales según su inserción en segmentos de baja o mediana/ alta productividad, aquí se excluye el conjunto de los puestos de trabajo del segmento de baja productividad del cálculo, asumiendo que todos los trabajadores de este segmento reflejan la necesidad de subsistencia de los hogares de bajo ingreso y, por lo tanto, la presión de la oferta laboral. En consecuencia, todos estos puestos de trabajo se consideran como no sustituibles ya que las personas correspondientes se verían obligadas a mantenerlos o, en caso de que tendrían que abandonarlos por algún motivo, tendrían que autogenerarse otra fuente de ingresos laborales, también en sectores de baja productividad. Los resultados de este ejercicio se presentan en dos versiones:

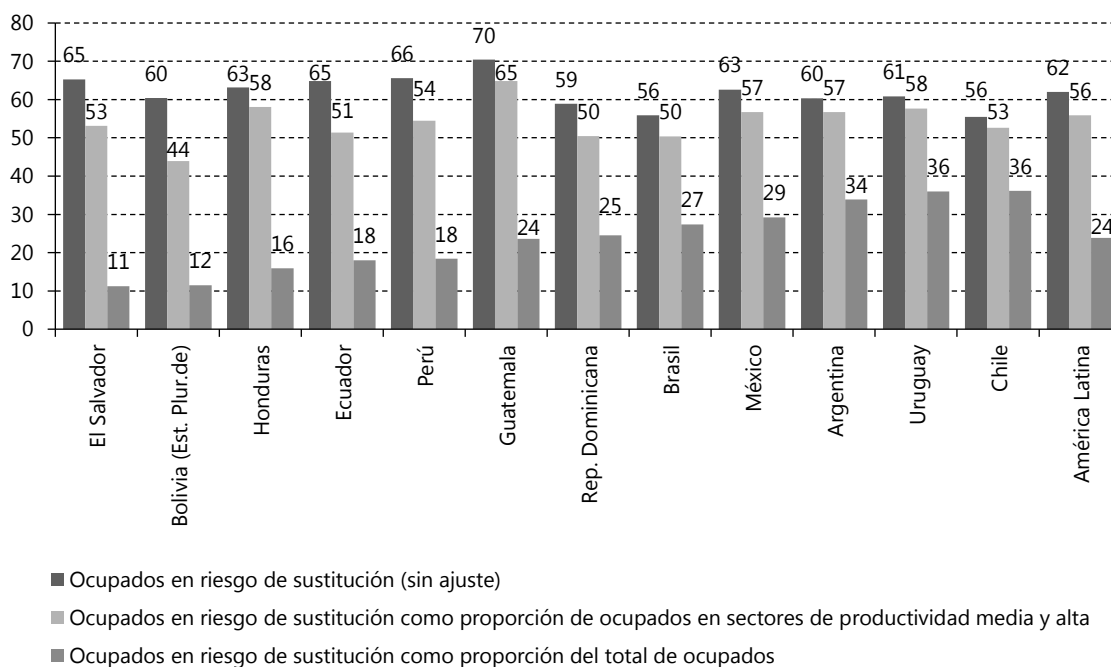
- El riesgo de sustitución tecnológica en los segmentos del mercado laboral que sí se ven afectados por las transformaciones, siendo el denominador del cálculo en estos casos el conjunto del empleo en estos segmentos. La magnitud proporcional del riesgo de sustitución para los ocupados en estos segmentos y para colectivos específicos en ello es similar a la de la del método original, pero puede variar respecto a los resultados del método no ajustado por las diferencias en la composición del empleo en estos segmentos y en el conjunto del empleo.

- El riesgo de sustitución tecnológica para el país en su conjunto, donde – si bien se estima el riesgo de sustitución a los mismos segmentos – el denominador del cálculo es el conjunto de los ocupados del país correspondiente. En este caso, las magnitudes del riesgo son menores, dado que se atribuye un riesgo cero a los ocupados en los segmentos que se ubican lejos de la frontera tecnológica.

Como se indicó previamente, el procedimiento aplicado aquí necesariamente subestima el impacto de la posible automatización, dado que es poco probable que ninguno de los trabajos que por medio de la medición a través de las variables sustitutivas (*proxies*) ubicadas en los sectores de baja productividad deje de hacerse por razones tecnológicas. Por otra parte, el hecho de que hay factores económicos (costos y precios relativos, infraestructura física, capacidad de innovación y adaptación, etc.) que frenan la introducción de las nuevas tecnologías en regiones como América Latina implica que se sobreestima este impacto en un período dado.

En el gráfico 4 se muestra la fuerte reducción en la probabilidad promedio de sustitución tecnológica por país cuando se realiza el ajuste que considera las características específicas de los mercados laborales latinoamericanos y atribuye un índice de automatización de cero a los ocupados en los sectores de baja productividad. Para la región, la proporción de empleo automatizable pasa de 62% a menos de 24%. No sorprende que sean los países con mayor proporción de trabajadores en sectores de baja productividad los que obtengan mayores cambios en la proporción de trabajadores con riesgo de sustitución tecnológica. El Salvador, Honduras y el Estado Plurinacional de Bolivia pasan a tener proporciones menores de 18% de trabajadores con riesgo de automatización, y Uruguay, Chile y Argentina son los que presentan ahora mayor proporción de trabajadores en riesgo con uno de cada tres puestos en esta situación.

Gráfico 4  
Puestos de trabajo susceptibles de ser sustituidos, método Frey y Osborne, versión original y ajustada (En porcentajes)

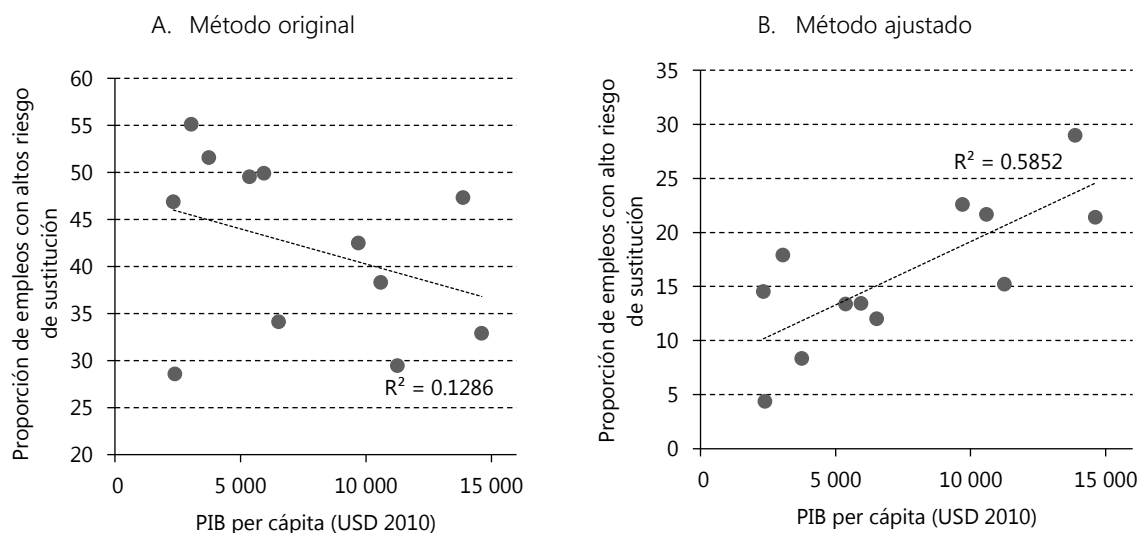


Fuente: Elaboración en base a datos encuestas de hogares.

Cabe señalar que en todos los países también cae la probabilidad media del riesgo de sustitución si se comparan los resultados del método original aplicado al conjunto de los ocupados con su aplicación con el promedio de la probabilidad para los ocupados en los sectores de alta o media productividad, entre los cuales alcanza, en el promedio de los 12 países, un 56%. Esta reducción se explica por la alta concentración de algunas ocupaciones con una elevada probabilidad de sustitución en los sectores de baja productividad, sobre todo los vendedores por cuenta propia o en establecimiento informales que representan elevadas proporciones en la estructura ocupacional de los países de la región. Al restar estas ocupaciones con alta probabilidad de sustitución del cálculo, baja la probabilidad media en los sectores de alta y media productividad. Esta reducción de la probabilidad de sustitución se ubica en un rango entre 3 puntos porcentuales en Chile y 16,5 puntos en Bolivia (Estado Plurinacional de).

Resulta interesante constatar que la aplicación del método ajustado revierte la relación negativa entre el ingreso per cápita y el riesgo de sustitución tecnológica del trabajo humano cuando se estima el riesgo de sustitución para el conjunto de los ocupados (gráfico 5). La aplicación del método original, sin ajuste, muestra una correlación negativa, igual que la constatada por el Banco Mundial, el BID y Manyika et al<sup>10</sup>. Sin embargo, con el ajuste, son los países con un mayor empleo en los segmentos de productividad mediana y alta los que enfrentan una mayor probabilidad media de sustitución tecnológica de puestos de trabajo. Este cambio se relaciona con el hecho de que en los países con bajo PIB p.c., típicamente un elevado porcentaje de ocupados se desempeñan en trabajos con elevado riesgo de sustitución según el método original (p.ej., agricultores y vendedores), pero que mayoritariamente se ubican en segmentos de baja productividad (p.ej., agricultura campesina, comercio informal).

Gráfico 5  
América Latina (países seleccionados): PIB per cápita y riesgo de sustitución  
tecnológica del empleo, método de Frey y Osborne  
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia en base a datos encuestas de hogares.

Nota: En el gráfico a la derecha se utiliza como denominador el total de los ocupados de cada economía.

<sup>10</sup> Véase el recuadro 1.

Para el promedio regional, la proporción en alto riesgo de sustitución cae significativamente de 43% del mercado laboral a un 16% (cuadro 6). La proporción de empleo en alto riesgo de automatización cae, sobre todo, en países con alta participación de trabajadores en sectores de baja productividad, alcanzando solo 4,5% en el Estado Plurinacional de Bolivia y 9,8% en El Salvador.

Cuadro 6  
Porcentaje de puestos de trabajo con bajo, mediano y alto riesgo de automatización,  
aislando sector de baja productividad  
(En porcentajes)

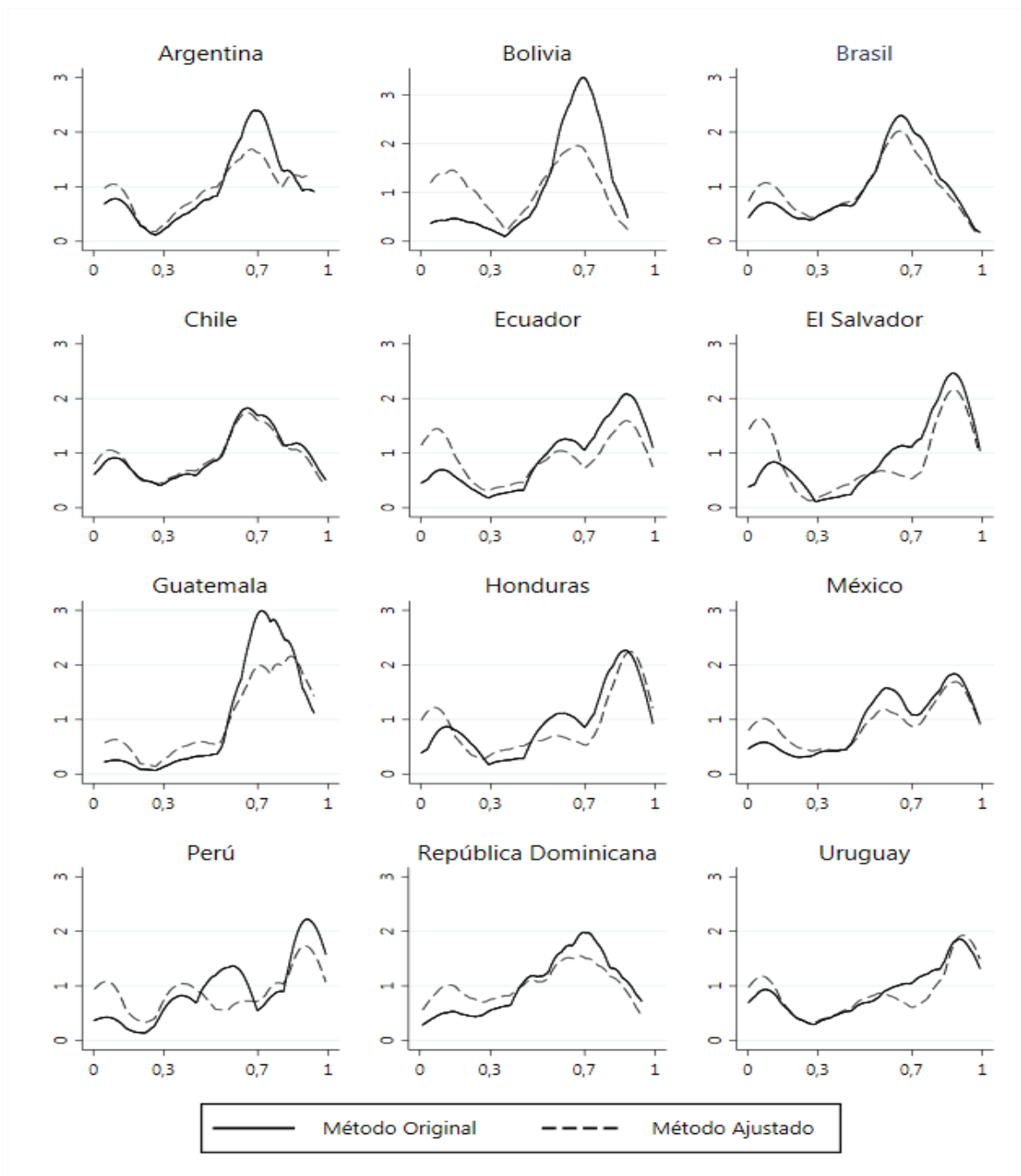
	País	Bajo riesgo (0-30%)	Mediano riesgo (30-70%)	Alto riesgo (70-100%)	Baja Productividad
4 dígitos	Brasil	14,7	27,3	12,4	45,7
	Chile	17,6	29,7	21,4	31,3
	Ecuador	11,6	10,3	13,1	64,9
	El Salvador	7,1	4,1	9,8	79,0
	Honduras	7,5	6,2	13,7	72,6
	México	13,5	16,0	22,2	48,4
	Uruguay	17,2	16,3	28,8	37,7
3 dígitos	Perú	8,1	10,8	14,9	66,2
	Rep. Dominicana	12,5	24,0	12,0	51,4
2 dígitos	Argentina	12,6	25,4	21,7	40,3
	Bolivia (Estado Plurinacional de)	10,5	10,9	4,8	73,8
	Guatemala	4,7	13,8	17,9	63,6
	América Latina	13,4	21,7	16,0	48,9

Fuente: Elaboración propia en base a datos encuestas de hogares.

Cabe señalar que la otra cara de la medalla de un menor riesgo de sustitución tecnológica es que los empleos que tendrían muy bajo (en este ejercicio cero) riesgo de sustitución son los que suelen mostrar la peor calidad del empleo, tanto en términos de productividad, como de ingresos laborales y beneficios laborales y sociales previstos por la legislación correspondiente.

En el gráfico 6 se muestra la dispersión de las probabilidades de automatización, comparando los resultados del método original con su aplicación solo para los ocupados en los sectores de alta o media productividad. Se observa que, con la eliminación de los sectores de baja productividad, se reduce el valor de los puntos modales en los grupos con alta probabilidad de sustitución, suavizando las curvas y subiendo las secciones de la parte izquierda de la distribución, es decir reflejando nuevamente niveles más bajos en la probabilidad de automatización.

Gráfico 6  
Distribución simple y ajustada de probabilidad de automatización, método original y método aplicado solo para ocupados de sectores de productividad alta y media



Fuente: Elaboración propia en base a datos encuestas de hogares.

### 3. Resultados para diferentes grupos de ocupados

En esta sección se analiza el riesgo de sustitución tecnológica del trabajo humano por sexo, nivel educativo, edad y rama, aplicando tanto el método original como el ajustado y mostrando el impacto diferenciado del ajuste metodológico.

## El riesgo de sustitución tecnológico por sexo

Los efectos de la automatización sobre el empleo por sexo dependerán de la distribución por sexo entre las ocupaciones y sectores. La evidencia en los países desarrollados muestra que si bien los procesos de automatización en el marco de la industria 4.0 se han concentrado inicialmente en la industria manufacturera y han afectado sobre todo a hombres, algunas de las transformaciones previsibles en el sector servicios (p.ej., en el trabajo administrativo, ventas) afectarían, en gran manera, a mujeres (WEF, 2018c: 13). Por otra parte, algunos rubros del sector terciario que verían menos sustitución de trabajo humano (como educación y salud), se caracterizan por una elevada proporción del trabajo de mujeres.

Brussevich et al. (2018) aplican el método de Arntz, Gregory y Zierahn (2016) para un estudio sobre la sustitución potencial de trabajo humano por nuevas tecnologías, diferenciado según sexo. Las autoras encuentran que, en promedio para 30 países, el riesgo de automatización es mayor para las mujeres (11%) que para los hombres (9%), pero con heterogeneidad entre países. Por ejemplo, en Japón, Corea, Israel y Chile el riesgo es mayor para las mujeres, mientras que lo opuesto vale, p.ej., para Turquía, Finlandia, Grecia e Italia. En Alemania, Francia, los Estados Unidos y el Reino Unido, el riesgo es similar para ambos sexos. Según este estudio, los riesgos de las mujeres de perder su empleo se concentran sobre todo en aquellas con bajos niveles de educación y de mayor edad (40 años y más).

En América Latina, Isabella, Pittaluga y Mullin (s.f.: 27) aplican el método de FO al caso de Uruguay y encuentran un mayor riesgo de automatización para hombres (68%) que para mujeres (60%).

Aplicando el método no ajustado de FO para 12 países de América Latina se encuentra (similar que Brussevich et al. 2018) que en el promedio simple de los países la proporción de ocupados con alto riesgo de automatización es mayor para mujeres (44,9%) que para hombres (41,5%) (cuadro 7). Este resultado podría aparecer contradictorio al presentado en el gráfico 1, donde se observa una probabilidad media de sustitución tecnológica para los hombres. La explicación se encuentra en el hecho de que las mujeres tienen una proporción bastante mayor que los hombres en situación de bajo riesgo de sustitución, mientras que la proporción de los hombres es claramente mayor en el segmento con riesgo medio

Cuadro 7  
América Latina (12 países): riesgo de sustitución tecnológica, por sexo,  
en porcentaje de los ocupados en sectores de productividad alta y mediana y en  
porcentaje del total de los ocupados, métodos original y ajustado, promedio simple  
(En porcentajes)

	Método original		Método ajustado			
	Proporción del total de ocupados		Proporción de ocupados en sectores de productividad alta y mediana		Proporción del total de ocupados	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Bajo riesgo	13,1	19,8	22,1	35,6	9,9	13,7
Riesgo medio	45,4	35,3	39,6	28,1	18,8	12,6
Alto riesgo	41,5	44,9	38,3	36,3	17,5	14,1
Sector baja productividad	-	-	-	-	53,8	59,6

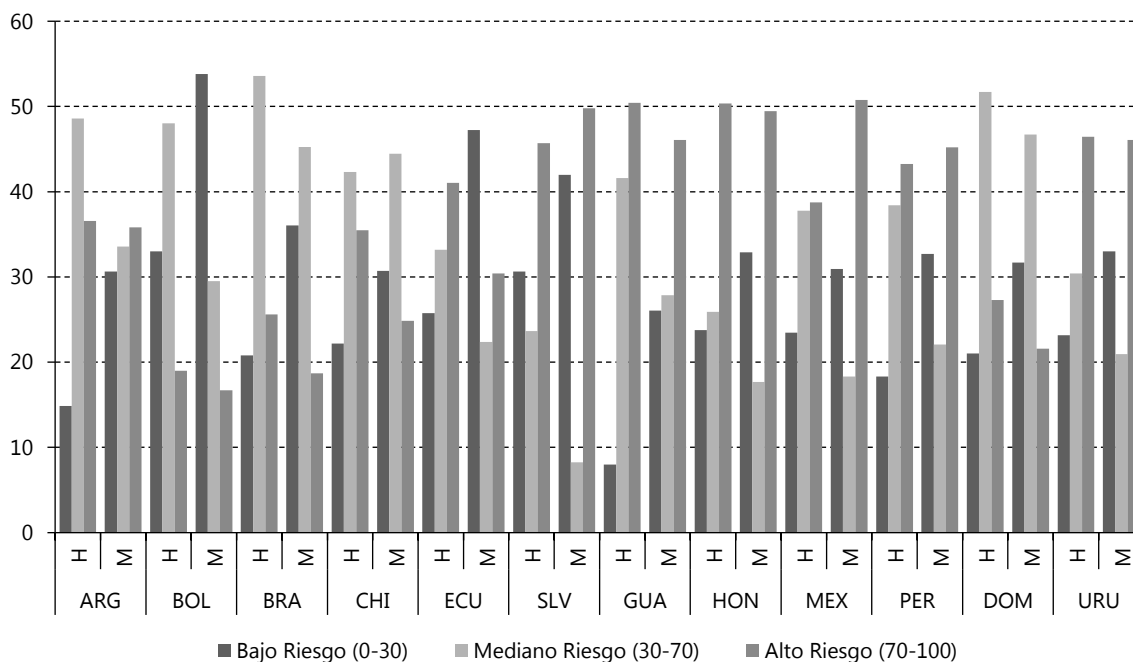
Fuente: Elaboración propia en base a datos encuestas de hogares.

Si se analizan solamente los ocupados en los segmentos de productividad alta y media, la proporción de ocupados en alto riesgo es relativamente similar, aunque ahora algo mayor para los hombres, 38,3%, que para las mujeres, 36,3%. Sin embargo, dado que las mujeres trabajan proporcionalmente más que los hombres en los sectores de baja productividad, si se descarta la posibilidad de sustitución tecnológica para los ocupados en estos sectores, para el conjunto de los ocupados el riesgo de sustitución tecnológica no solo disminuye para ambos sexos, sino que además se amplía la brecha del riesgo relativo entre ellos. En efecto, se estima que un 17,5% de todos los hombres ocupados y un 14,1% de todas las mujeres ocupadas estarían en ocupaciones con alto riesgo de sustitución.

Igual que con la aplicación del método original, en el promedio de los 12 países, en la medición ajustada los hombres tienen una mayor proporción que las mujeres no solo en empleos con altos riesgo de sustitución tecnológica, sino también en empleos de riesgo de sustitución tecnológica intermedio. En contraste, una mayor proporción de las mujeres se desempeña en empleos de bajo riesgo.

En la comparación de los países se observa un escenario heterogéneo (gráfico 7). Si se analiza solamente los segmentos con empleos en riesgo de sustitución tecnológica (sectores de mediana y alta productividad), la proporción de ocupados con alto riesgo es mayor para las mujeres en El Salvador, México y el Perú, y mayor para los hombres en Brasil, Chile, Ecuador, Guatemala y la República Dominicana, mientras que es similar en los otros países (Argentina, Estado Plurinacional de Bolivia, Honduras, Uruguay). Por otra parte, en todos los países la proporción de las mujeres en empleos con bajo riesgo de sustitución tecnológica es mayor que la de los hombres.

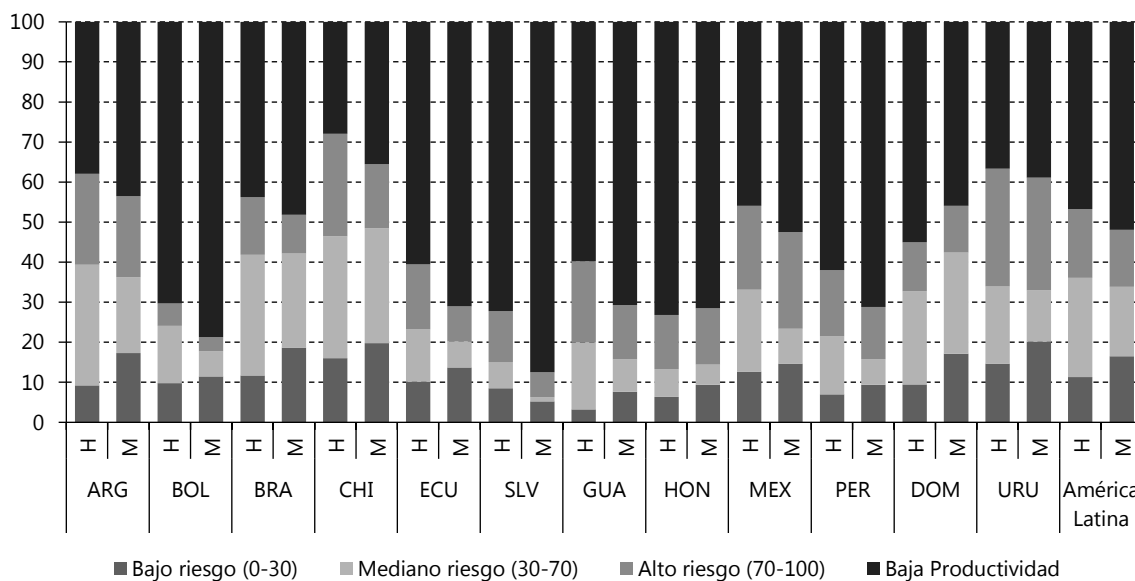
Gráfico 7  
Composición del empleo en sectores de productividad alta y mediana, según riesgo de sustitución tecnológica, por sexo  
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia en base a datos encuestas de hogares.

En el gráfico 8 se observa como la inserción en sectores de baja productividad – en casi todos los países más elevada para las mujeres que para los hombres – influye en las proporciones de los ocupados con diferentes grados de riesgo de sustitución tecnológica. Como resultado, en nueve de los doce países la proporción de hombres en empleos con alto riesgo es más elevada que la de las mujeres, siendo las excepciones México con un mayor riesgo para las mujeres, así como Honduras y la República Dominicana, con riesgos similares para ambos sexos.

Gráfico 8  
Composición del empleo total, según riesgo de sustitución tecnológica, por sexo  
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia en base a datos encuestas de hogares.

También en esta medición, la inserción de mujeres en empleos de bajo riesgo de sustitución tecnológica es más elevada que la de los hombres, con la excepción de El Salvador. Cabe señalar que estas estimaciones algo menos amenazantes para las mujeres que para los hombres representan sólo una parte del escenario futuro, la cual habrá que complementar por las posibilidades diferenciadas de aprovechar las oportunidades de nuevos empleos que surgen en el contexto del cambio tecnológico, tema que se trata en el capítulo siguiente.

### El riesgo de sustitución tecnológica según nivel educativo

Uno de los aspectos planteados en los primeros estudios sobre el impacto de los cambios tecnológicos en el mercado laboral, es la polarización del empleo que refleja el aumento del empleo en ocupaciones que requieren un nivel educativo bajo y alto, mientras disminuyen las oportunidades de empleo en ocupaciones que habitualmente requieren un nivel educativo medio. Autor, Levy y Murnane (2003) sugieren que la tecnología es capaz de reemplazar a humanos en tareas rutinarias, ya sean estas manuales o cognitivas, pero no en tareas no-rutinarias. Goos y Manning (2007) incorporan este concepto y analizan datos de Gran Bretaña entre 1975 y 1999 encontrando evidencia de polarización del mercado laboral para ese país. Según su análisis, los



puestos de trabajo que requieren de un nivel educativo bajo y alto tienen una menor proporción de tareas rutinarias que los que requieren un nivel educativo medio, lo que explicaría que las ocupaciones en esta categoría tienen un mayor riesgo de sustitución tecnológica.

En efecto, especialmente para países desarrollados, se ha observado una polarización de la estructura ocupacional, concentrándose los nuevos empleos en las ocupaciones que requieren una cualificación relativa baja (intensivas en tareas manuales no rutinarias) y, sobre todo, alta (intensiva en tareas cognitivas e interpersonales no rutinarias), mientras que cayó la proporción de ocupaciones que típicamente requieren cualificación media (intensivas en habilidades cognitivas y manuales rutinarias) (Banco Mundial, 2016). Sin embargo, como ya se subrayó, varios autores, entre otros Frey y Osborne (2013), argumentan que las nuevas tecnologías, sobre todo la inteligencia artificial, tienen la capacidad de sustituir crecientemente también empleos que requieren la realización de tareas cognitivas no rutinarias, generalmente ejercidas por personas de altos niveles de cualificación.<sup>11</sup>

El cuadro 8 muestra, para el conjunto de los 12 países cubiertos por el estudio, la proporción de ocupados con diferentes niveles de riesgo de sustitución tecnológica, según su nivel educativo, con los tres cálculos ya explicados (método original sin ajuste; método ajustado con tasas como proporción de los ocupados en los sectores de productividad media y alta y de los ocupados en su conjunto, respectivamente). El nivel de educación considerado "bajo" incluye hasta primaria completa, "medio" secundaria completa o terciaria incompleta y "alto" terciaria completa.

Cuadro 8  
América Latina (12 países): riesgo de sustitución tecnológica, por nivel educativo, en porcentaje de los ocupados en sectores de productividad alta y mediana y en porcentaje del total de los ocupados, métodos original y ajustado, promedio simple  
(En porcentajes)

	Método original			Método ajustado					
	Proporción del total de ocupados			Proporción de ocupados en sectores de productividad alta y mediana			Proporción del total de ocupados		
	Nivel educativo			Nivel educativo			Nivel educativo		
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
Bajo riesgo	4,8	10,5	51,3	5,3	13,0	59,4	1,2	6,1	45,3
Riesgo mediano	46,7	43,1	25,3	42,8	42,0	22,0	11,9	19,6	16,9
Alto riesgo	48,5	46,4	23,4	51,9	45,0	18,6	13,2	20,2	14,2
Sector baja productividad	-	-	-	-	-	-	73,6	54,2	23,5

Fuente: Elaboración propia con base en procesamiento de encuestas de hogares.

En el promedio simple de los 12 países, aplicando el método de FO sin ajuste, el riesgo de perder el empleo por la automatización es claramente más elevado para personas de medio y, sobre todo, de bajo nivel educativo que para las que tienen un alto nivel educativo.

Si se consideran los riesgos de sustitución para los ocupados de los sectores de productividad media o alta, los resultados no cambian significativamente del método original. Solo llama la atención que la proporción de ocupados con alto riesgo ahora es claramente más elevada para las personas de bajos niveles de estudios que para aquellos con niveles escolares intermedios (52% versus 45%).

<sup>11</sup> Véase también el análisis de Pratt (2015).

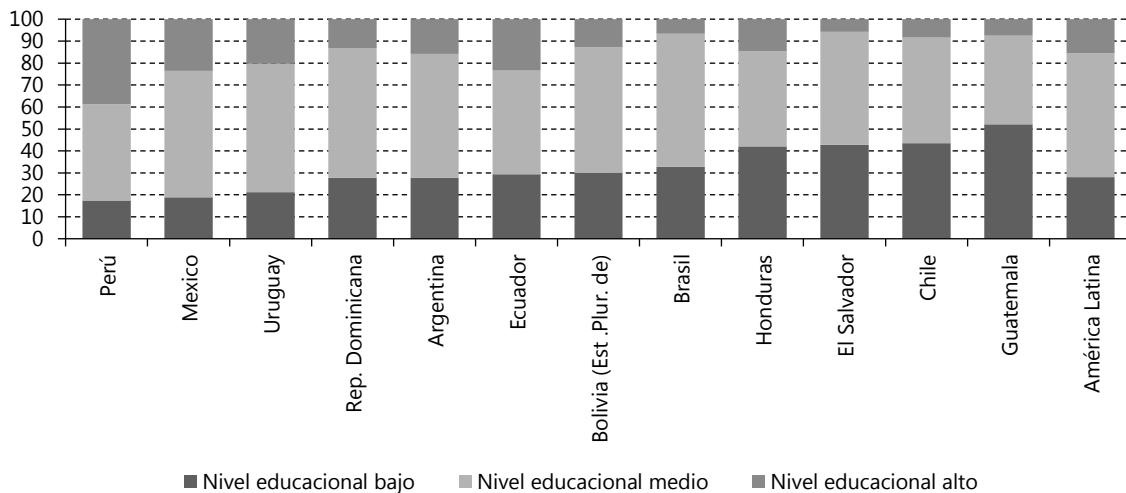
Los resultados cambian si se calculan los empleos con alto riesgo de sustitución tecnológica como proporción del conjunto de los ocupados. En este caso, la proporción de los ocupados con bajo nivel educativo que se encuentra en alto riesgo de sustitución tecnológica baja marcadamente, y en este cálculo el porcentaje más alto de personas con alto riesgo de sustitución tecnológica afecta al grupo con nivel educativo intermedio. La causa de este cambio relativo en los riesgos de automatización es, obviamente, el hecho de que una gran mayoría de las personas ocupadas con baja educación formal se desempeña en los sectores de baja productividad, a los cuales se asigna un riesgo cero de sustitución.

Como lo indica el cuadro 8, un 52% de los ocupados con bajo nivel educativo que se desempeñan en sectores de productividad media o alta ocupa un empleo de alto riesgo de sustitución. En contraste, casi un 60% de los ocupados con alto nivel educativo ocupa un empleo de bajo riesgo de sustitución.

Estos cálculos muestran para la región que el cambio tecnológico en curso podría tener un impacto polarizador en la estructura educativa del empleo. Por un lado, las personas de bajo nivel educativo, ya de por sí con una participación limitada en los sectores de media y alta productividad, enfrentan un elevado riesgo de perder un alto porcentaje de estos empleos. En consecuencia, tendrán que desempeñarse aún más en los sectores de baja productividad, donde ya trabajan más de 70% de los ocupados con bajo nivel educativo. En el otro extremo, los más calificados enfrentan el riesgo más bajo de perder su empleo en los sectores de media y alta productividad, con lo cual tenderían a aumentar su proporción en estos sectores.

Finalmente, esta polarización se ve profundizada por la estructura educativa de la región en la cual ha aumentado cada vez más la proporción del estrato intermedio. En consecuencia, si bien dentro de los sectores de medio y alto nivel de productividad los menos educados enfrentan el mayor riesgo de sustitución, en términos absolutos, en el promedio de los 12 países, un 57% del total de los empleos con alto riesgo de sustitución tecnológica se desempeñan personas con un nivel educativo intermedio, mientras que un 28% corresponde a personas con bajo y 15% a personas con alto nivel educativo (gráfico 9). Se observa que, excluyendo Guatemala, en todos los países considerados en este análisis, el mayor grupo con alto riesgo corresponde al de trabajadores que tienen un nivel educacional medio.

Gráfico 9  
Distribución de ocupaciones en alto riesgo de automatización según nivel educativo, método ajustado (En porcentajes)

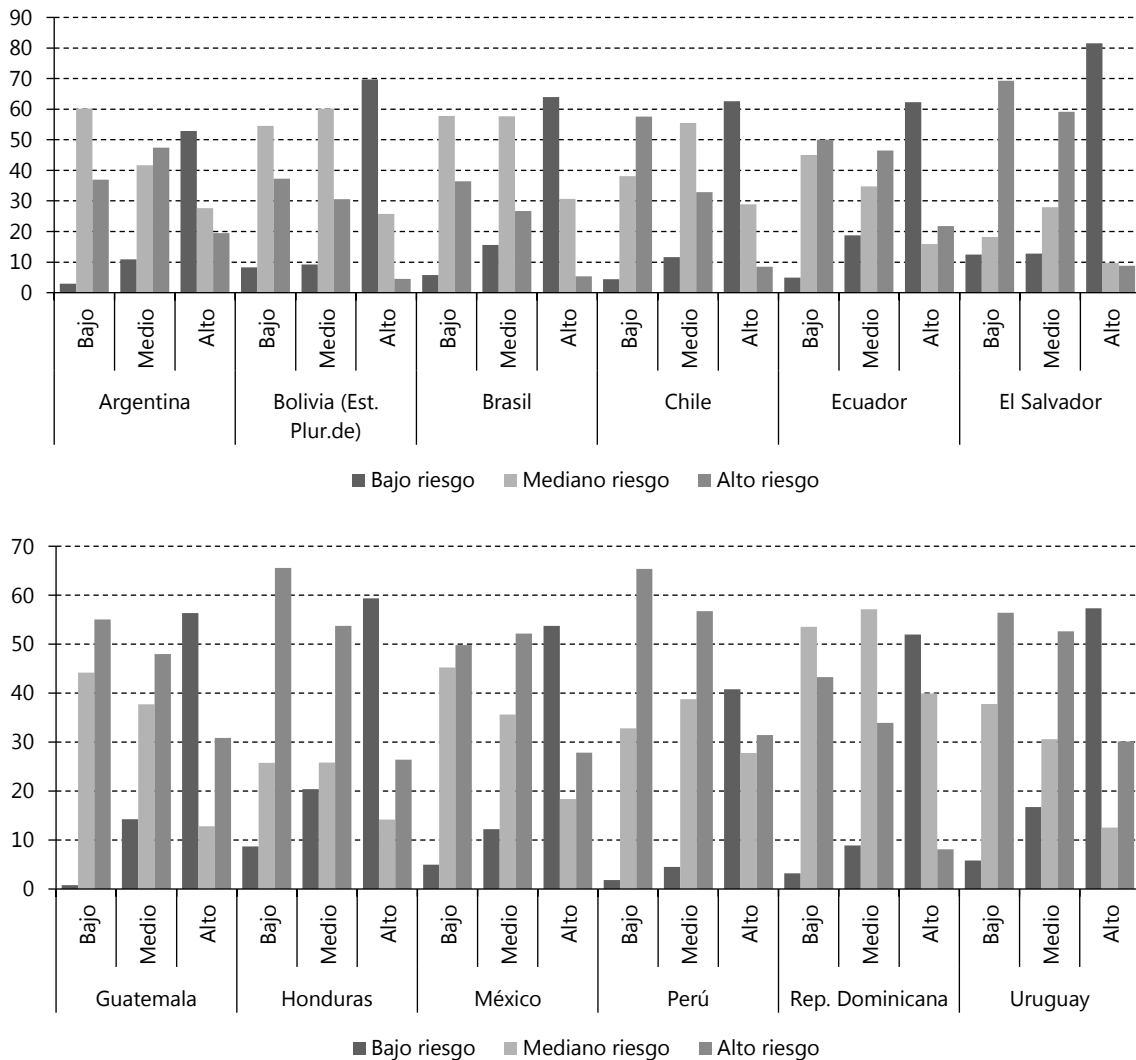


Fuente: Elaboración en base a datos encuestas de hogares.

Obviamente, estas consideraciones se limitan a interpretar el impacto en la estructura educativa del empleo que se desprendería de los riesgos de la sustitución tecnológica, mientras que el resultado final dependería también de las características de la generación de nuevos empleos, tanto relacionados con la introducción de las nuevas tecnologías, como con otras dinámicas, aspectos que se discuten en el capítulo III.

En la comparación de países, en términos de riesgo de sustitución se confirma que dentro de los sectores de alta y mediana productividad, los ocupados menos cualificados son los más amenazados por el cambio tecnológico (gráfico 10). Las excepciones son Argentina y México donde el porcentaje de ocupados en alto riesgo es más elevado en el caso de las personas con nivel educativo intermedio. El rango de los ocupados de bajo nivel educativo con alto riesgo de sustitución tecnológica llega desde 36% en Brasil a 69% en El Salvador.

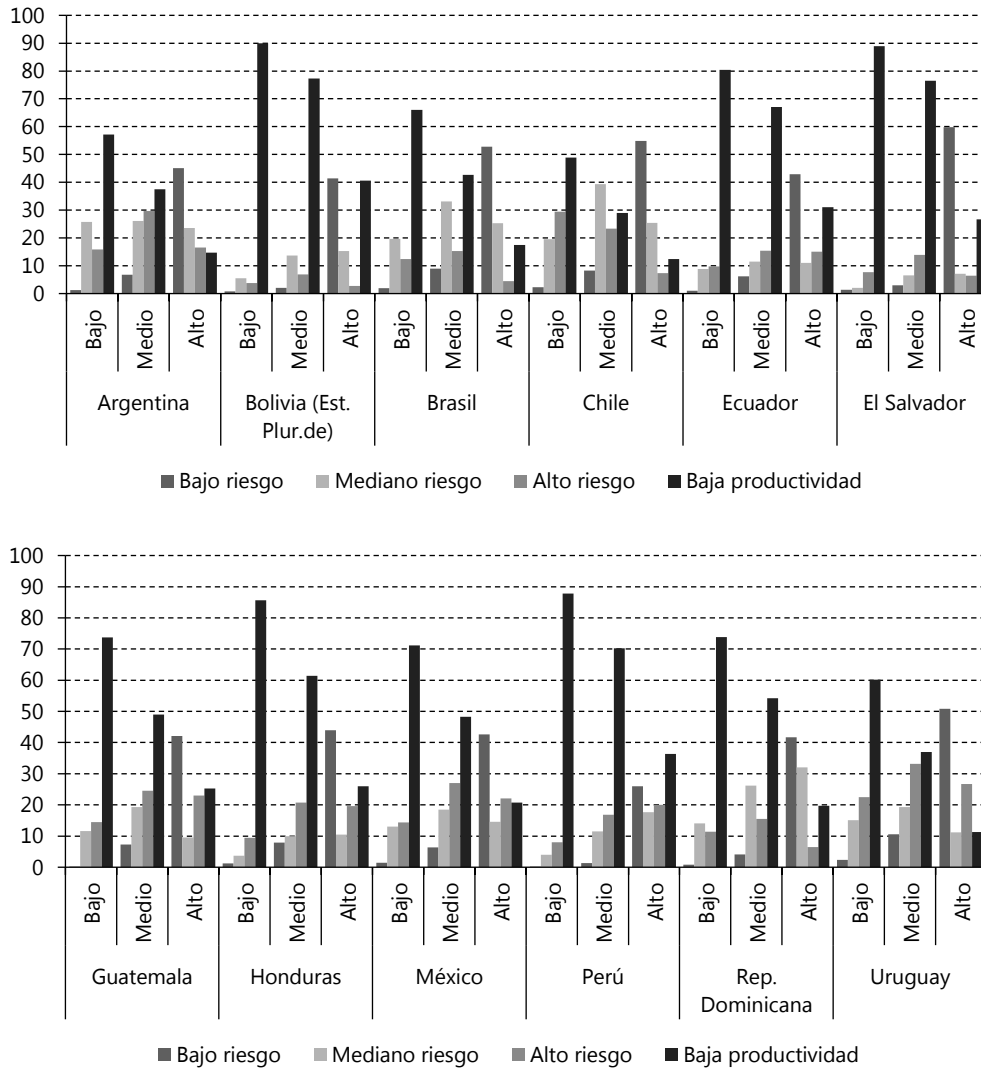
Gráfico 10  
Composición del empleo en sectores de productividad alta y mediana, según riesgo de sustitución tecnológica, por nivel educativo  
(En puntos porcentuales)



Fuente: Elaboración propia en base a datos encuestas de hogares.

También se confirma que la mayoría de las personas con nivel educativo alto se desempeña en empleos de bajo riesgo de sustitución tecnológica, con un rango entre 41% en el Perú y 82% en El Salvador, mientras que el rango de los más educados con un alto riesgo de pérdida de empleo por razones tecnológicas abarca desde un mínimo de 5% en el Estado Plurinacional de Bolivia a un máximo de 31% en el Perú (gráfico 11).

Gráfico 11  
Composición del empleo, según riesgo de sustitución tecnológica por nivel educativo, en porcentaje de los ocupados totales  
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia en base a datos encuestas de hogares.

Entre las personas con un nivel educativo intermedio, el rango de la proporción de los ocupados con alto riesgo va de un 27% en Brasil y un 59% en El Salvador y el de la proporción de los ocupados con riesgo intermedio de un 26% en Honduras y un 60% en el Estado Plurinacional de Bolivia.

Como ya se mencionó, el resultado cambia marcadamente al incluir los ocupados en los sectores de baja productividad como fuera de riesgo de sustitución tecnológica. En este cálculo, el

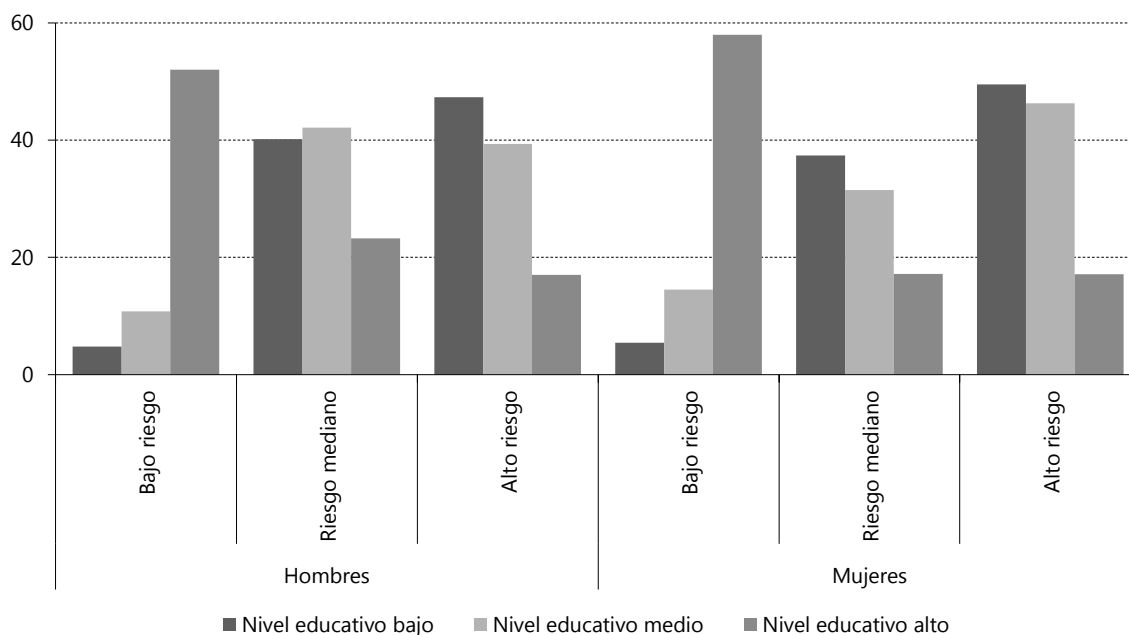
grupo educativo intermedio registra la mayor proporción tanto respecto al riesgo alto, como al intermedio (véase nuevamente, el cuadro 8). Con la excepción de Chile y el Perú, los ocupados con niveles intermedios de educación que trabajan en los sectores de alta o mediana productividad tienen la mayor proporción en situación de alto riesgo y solo pocos están con bajo riesgo.

En contraste, el grupo educativo más bajo aquí muestra los porcentajes más bajos en ambos grupos de riesgo más alto, al concentrarse los trabajadores de este grupo educativo en el sector baja productividad. Las principales excepciones son Chile y Uruguay, países que se caracterizan por un sector de baja productividad relativamente pequeño, donde la proporción de ocupados con alto riesgo de sustitución tecnológica supera el 20% de este grupo educativo.

Finalmente, en el grupo educativo más alto – en el cual la proporción que se desempeña en los sectores de baja productividad es relativamente menor – las pautas cambian menos, con entre un 26% de los ocupados en el Perú y un 60% en El Salvador en empleos de bajo riesgo, entre 7% en El Salvador y 32% en la República Dominicana con riesgo intermedio y entre un 3% en el Estado Plurinacional de Bolivia y un 27% en Uruguay en alto riesgo.

Al observar el riesgo dispar de sustitución tecnológica que enfrentan hombres y mujeres según su nivel educativo se constata que, si se analiza exclusivamente a los sectores de productividad alta e intermedia, que tanto en el grupo educativo bajo como en el intermedio una mayor proporción de mujeres que de hombres enfrentan un alto riesgo, mientras que esta proporción es similar entre los más cualificados (gráfico 12). En contraste, en todos los grupos educativos los hombres muestran mayores niveles de riesgo intermedio, mientras que en los tres grupos una mayor proporción de mujeres se desempeña en ocupaciones de bajo riesgo de sustitución.

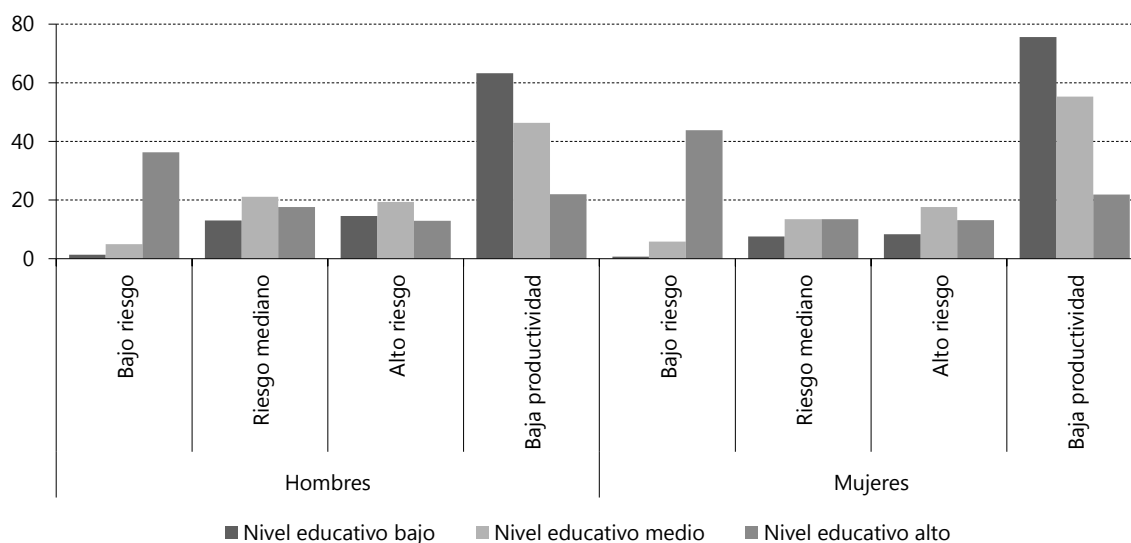
Gráfico 12  
América Latina: composición del empleo en sectores de productividad alta y mediana, según riesgo de sustitución tecnológica, por nivel educativo y sexo, promedio simple de 12 países (En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia en base a datos encuestas de hogares.

El escenario cambia levemente si se incorpora en el denominador los ocupados en los sectores de baja productividad, ya que en los dos grupos educativos más bajos una elevada proporción de las mujeres se desempeña en estos sectores (gráfico 13). En esta estimación, la proporción de los hombres en los grupos educativos bajo e intermedio que enfrentan altos riesgos de sustitución es mayor a la de las mujeres. En consecuencia, en todos los grupos educativos los hombres enfrentan un mayor riesgo alto e intermedio que las mujeres, con la excepción del grupo educativo más alto donde la proporción de personas en alto riesgo es similar para hombres y mujeres.

Gráfico 13  
 América Latina: composición del empleo, según riesgo de sustitución tecnológica,  
 por nivel educativo y sexo, promedio simple de 12 países  
 (En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia en base a datos encuestas de hogares.

### El riesgo de la sustitución tecnológica del trabajo humano por edad

Al igual que en el caso de las perspectivas diferenciadas por sexo o por grupo educativo, el impacto de las nuevas tecnologías sobre trabajadores de diferentes grupos etarios tiene que diferenciar tanto las opciones de acceso a una inserción productiva favorecida por estas nuevas tecnologías como las amenazas de una sustitución tecnológica. Para analizar los riesgos de sustitución por edad se definieron tres grupos: jóvenes de 15 a 29 años, adultos de 30 a 54 años y los adultos mayores de 55 o más años.

Se observa que, en promedio, los ocupados jóvenes (15 a 29 años) tienen la mayor proporción de trabajo con alto riesgo de sustitución tecnológica, tanto si se considera el método no ajustado como si ajustamos por grupo de baja productividad (cuadro 9). Esto puede estar relacionado con el nivel educativo más bajo o con la falta de experiencia laboral que hace a algunos trabajadores de mayor edad hayan adquirido habilidades más difíciles de sustituir.

Entre los grupos de 30 a 54 y de 55 y más años de edad no hay diferencias grandes ni aplicando el método original ni limitando el cálculo a los ocupados en los sectores de alta y mediana productividad. Solo la incorporación de los sectores de baja productividad al denominador reduce

la proporción del grupo de mayor edad con alto riesgo de sustitución ya que en este grupo etario hay una elevada proporción que trabaja en dichos sectores.

Aplicando el método ajustado, los más jóvenes enfrentan tanto las más altas tasas de alto riesgo de sustitución, como también las de riesgo intermedio. Esto subraya la importancia de una formación en habilidades transferibles entre ocupaciones, lo que representa un gran desafío para los sistemas de educación y de formación profesional.

Cuadro 9  
América Latina (12 países): riesgo de sustitución tecnológica, por grupo de edad, en porcentaje de los ocupados en sectores de productividad alta y mediana y en porcentaje del total de los ocupados, métodos original y ajustado, promedio simple  
(En porcentajes)

	Método original			Método ajustado					
	Proporción del total de ocupados			Proporción de ocupados en sectores de productividad alta y mediana			Proporción del total de ocupados		
	Edad								
	15-29	30-54	55 y más	15-29	30-54	55 y más	15-29	30-54	55 y más
Bajo riesgo	11,9	18,1	15,1	18,2	30,4	32,9	8,8	13,5	9,7
Riesgo medio	39,8	41,3	44,1	37,9	34,9	33,6	18,8	16,8	11,0
Alto riesgo	48,3	40,6	40,7	43,9	34,7	33,6	20,3	15,7	10,4
Sector baja productividad	-	-	-	-	-	-	52,1	54,1	69,0

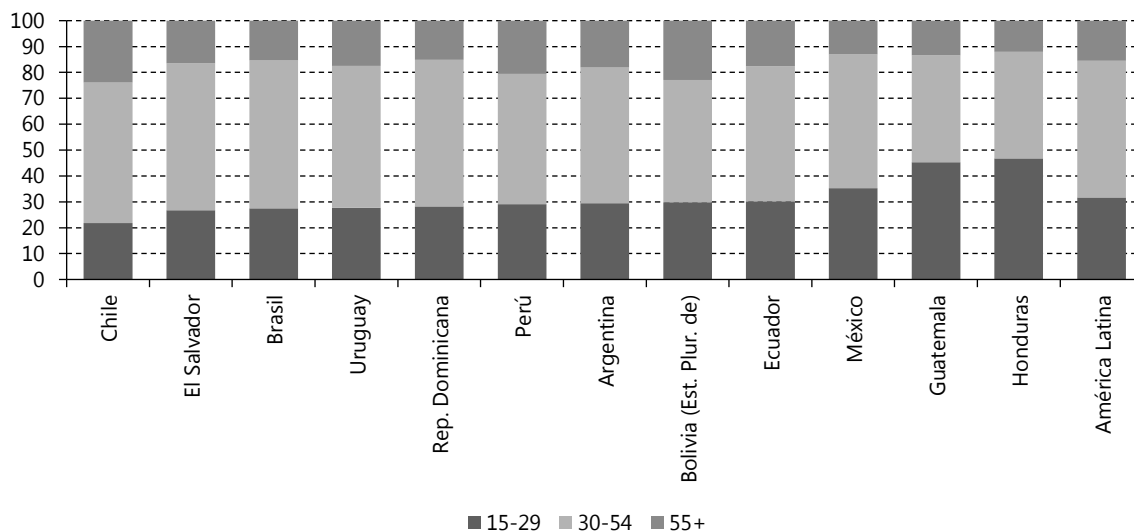
Fuente: Elaboración propia con base en procesamiento de encuestas de hogares.

En casi todos los países el grupo etario más joven es el que tiene la mayor proporción en empleos de alto riesgo de sustitución tecnológica (medido como proporción del conjunto de los ocupados del grupo etario correspondiente), con un rango de entre 6% en el Estado Plurinacional de Bolivia y 38% en Uruguay. De manera consistente, el grupo más joven registra la menor proporción de empleos con bajo riesgo de sustitución tecnológica, con un rango entre 4% en El Salvador y Guatemala y 20% en Chile.

En todos los países el grupo etario con la segunda mayor proporción de empleos en alto riesgo de sustitución es el grupo de 30 a 54 años, con un rango de entre 5% en el Estado Plurinacional de Bolivia y 28% en Uruguay, mientras que para el grupo de mayor edad el rango va desde un 3% en el Estado Plurinacional de Bolivia y un 20% en Chile.

Si bien los jóvenes enfrentan los mayores riesgos de sustitución tecnológica, debido a la composición etaria del conjunto de los ocupados es el grupo de edades intermedias que representa la mayor proporción de personas en alto riesgo, muchas veces superando la mitad del total de estas personas (gráfico 14). Esto representa otro desafío importante para los sistemas de formación de capacitación los cuales deben fortalecer su oferta formativa en la perspectiva de aprendizaje a lo largo de la vida (*life-long learning*), dado que muchas de estas personas requerirán una recapitación para prepararlos para puestos de trabajo en otras ocupaciones.

Gráfico 14  
Distribución de ocupaciones en alto riesgo de automatización según grupo etario,  
método ajustado  
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración en base a datos encuestas de hogares.

### El riesgo de sustitución tecnológica del trabajo humano por rama de actividad

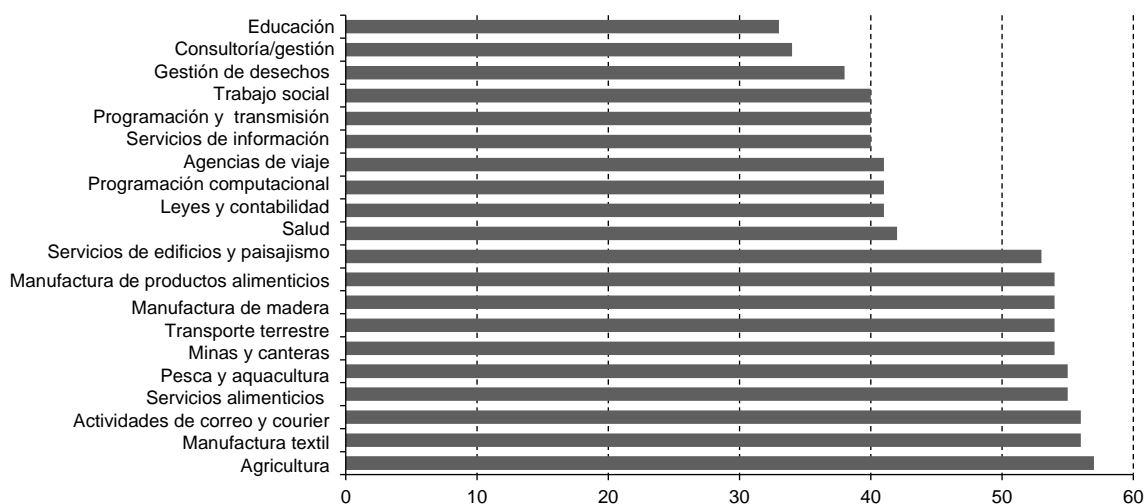
Las diferencias entre países mostradas por las proyecciones sobre la envergadura de la sustitución del trabajo humano por procesos de automatización se explican en parte por su estructura productiva, lo que tiene que ver con la concentración de ciertas ocupaciones (con alto o bajo riesgo de automatización) en ciertas ramas de actividad. Nedelkoska y Quintini (2018) estiman para 32 países de la OCDE que las actividades relacionadas con educación, consultorías gerenciales, manejo de residuos, trabajo social y otros se ubican entre los rubros con menores riesgo de sustitución. Por otro lado, agricultura, ciertos rubros de la industria manufacturera y servicios alimenticios están entre los sectores con mayor probabilidad de pérdidas de empleo (gráfico 15).

Asimismo, según Manyika et al. (2017a: 44), en los Estados Unidos, entre las ramas con mayores proporciones de empleos con alto riesgo destacan hoteles y restaurantes, manufactura, transporte, minería y comercio minorista, entre las con menores riesgos la educación, trabajo gerencial, salud y asistencia social y servicios profesionales y técnicos.

Si bien no se dispone de estudios detallados sobre el impacto de los cambios tecnológicos en el empleo a nivel de las ramas de actividad en América Latina, la investigación periodística indica que en los diferentes sectores hasta ahora predominan las transformaciones de los empleos y los desafíos correspondientes para los perfiles de cualificación de los trabajadores (p.ej., Fierro E., 2018). Sin embargo, esto no excluye la eliminación de empleos específicos, p.ej., de cajeras en supermercados.



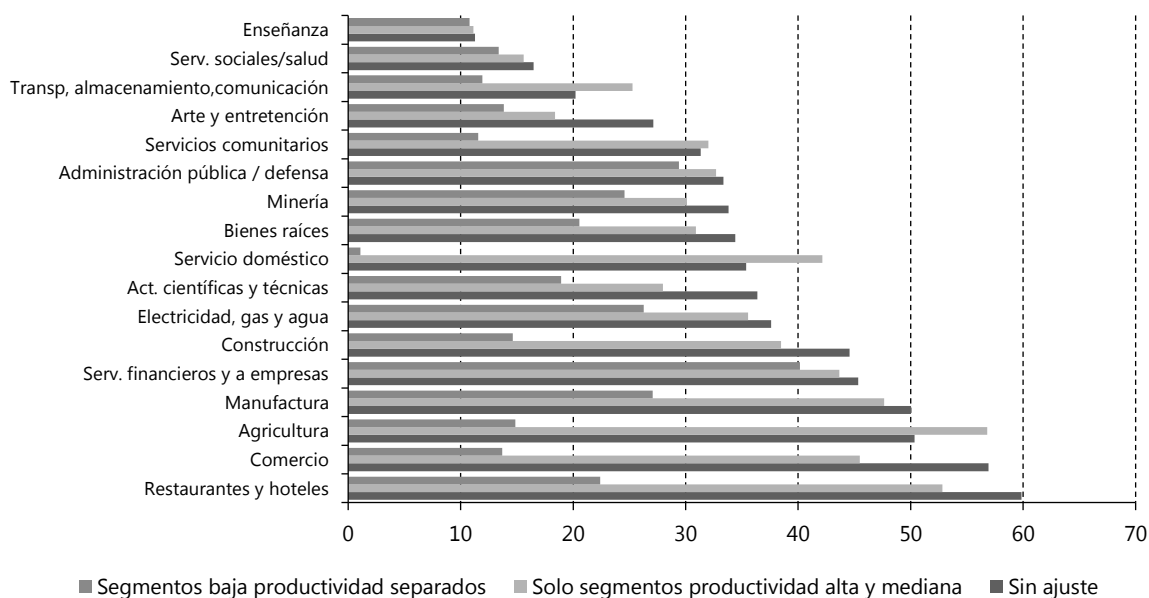
Gráfico 15  
Países OCDE: riesgo de sustitución tecnológica, ramas con riesgo más alto y más bajo  
(En porcentajes)



Fuente: Nedelkoska y Quintini (2018).

En América Latina (promedio de 12 países) la aplicación del índice de automatización no ajustado da como resultado una mayor proporción de ocupaciones con alto riesgo de sustitución en los rubros restaurantes y hoteles, comercio, agricultura e industria manufacturera y una menor concentración en educación, servicios sociales y salud, así como en transporte, almacenamiento y comunicaciones (gráfico 16).

Gráfico 16  
América Latina (12 países): proporción de ocupados en alto riesgo tecnológico de sustitución, por rama de actividad, promedio simple  
(En porcentajes)



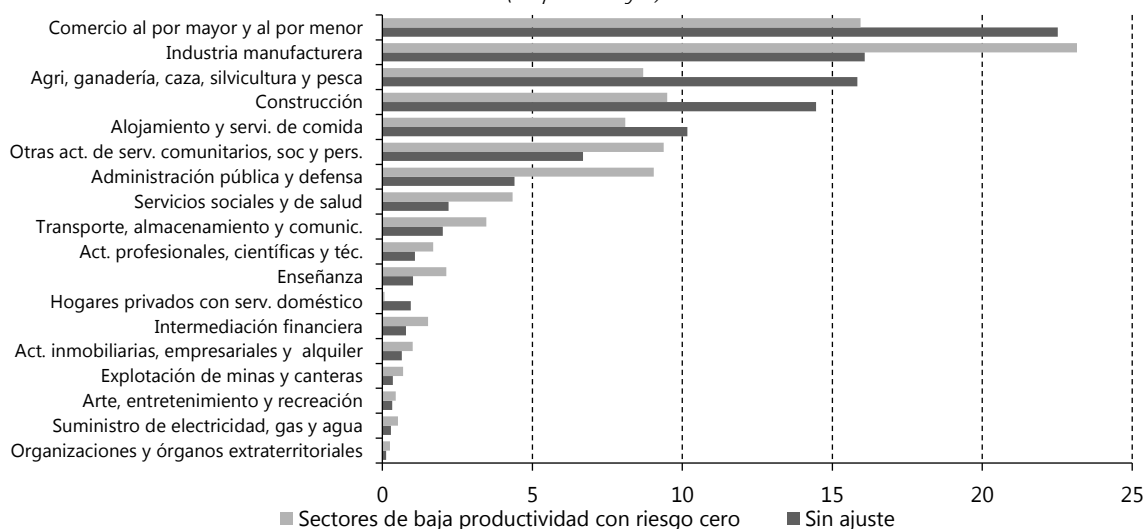
Fuente: Elaboración en base a datos encuestas de hogares

Al limitar el análisis a los sectores de productividad media y alta, hay algunos cambios en la secuencia entre los rubros, y la agricultura pasa a ser la actividad con mayor potencial de sustitución. Por otra parte, si se incluyen los sectores de baja productividad en el denominador, las diferencias del peso de estos sectores en las diferentes ramas de actividad inciden en un cambio muy marcado de los resultados. Por ejemplo, tanto la agricultura como el comercio, actividades con grandes segmentos de baja productividad, pasan al grupo de ramas con la proporción más baja de ocupaciones con alto riesgo de sustitución tecnológica. En esta medición, las ramas de actividad con la mayor proporción de ocupaciones en alto riesgo de sustitución son la intermediación financiera y la administración pública, seguidas por la industria manufacturera, el suministro de electricidad, gas y agua y la explotación de minas y canteras. En contraste, entre las ramas de actividad con promedios relativamente bajos de riesgo de sustitución tecnológica destacan la educación, los servicios sociales y de salud y las actividades profesionales y científicos (ver cuadro A2 del anexo).

Nuevamente hay marcadas diferencias entre los países. Por ejemplo, en los segmentos de productividad media y alta de la industria manufacturera, la proporción de los empleos con alta probabilidad de sustitución varía en un rango entre 66% en Honduras y 24% en la República Dominicana, y la de bajo riesgo en un rango entre 2% en Guatemala y 18% en Brasil.<sup>12</sup>

Por último, la distribución de las ocupaciones con alto riesgo de automatización por rama de actividad muestra que las categorías más afectadas estarían concentradas en los sectores de comercio e industria manufacturera, el primero con el método original, el segundo excluyendo el sector de baja productividad (gráfico 17). Aplicando el método ajustado, casi una cuarta parte de los empleos con alto riesgo de sustitución tecnológica corresponden a la industria manufacturera, 16% al comercio y entre 8% y 10% se ubican en la agricultura, la construcción, los restaurantes y hoteles, servicios comunales y la administración pública. Por el contrario, solo una proporción menor de los empleos con alto riesgo corresponden a sectores como educación, servicios sociales, transporte, actividades profesionales y otros.

Gráfico 17  
 América Latina (12 países): distribución de ocupaciones en alto riesgo de automatización según rama, promedio simple  
 (En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia en base a datos encuestas de hogares.

<sup>12</sup> Véase en el cuadro A.3 del anexo, las probabilidades medias de sustitución tecnológica por rama de actividad y país.

Como se mencionó previamente, al separar los segmentos de baja productividad, las mujeres tienen, en promedio, un menor riesgo de sustitución tecnológica debido a su mayor inserción en estos segmentos. En el promedio de los países, esto se observa en ramas de actividad como la industria manufacturera (55,1% de las mujeres en el segmento de baja productividad versus 39,9% en el caso de los hombres), el comercio (72,3 vs 61,4%), los restaurantes y hoteles, y los servicios comunales, mientras que la proporción en los sectores de baja productividad es más alta para los hombres en la construcción (65,6% vs 37,7% en el caso de las mujeres) y el transporte (cuadro 10).

Cuadro 10  
América Latina (12 países): ocupaciones según riesgo de sustitución,  
por rama de actividad y sexo, promedio simple  
(En porcentajes)

	Bajo riesgo		Riesgo mediano		Alto riesgo		Segmentos baja productividad	
	H	M	H	M	H	M	H	M
Agricultura	1,5	2,0	10,4	9,6	15,4	15,2	72,7	73,2
Minería	12,1	14,9	39,3	22,4	26,6	40,1	22,0	22,6
Manufactura	6,9	6,1	24,9	17,2	28,3	21,6	39,9	55,1
Electricidad	16,9	12,8	38,3	27,7	22,4	36,5	22,4	23,0
Construcción	5,2	14,5	15,2	17,5	14,0	30,3	65,6	37,7
Comercio	5,3	3,2	18,3	10,7	15,1	13,8	61,4	72,3
Restaurantes y hoteles	5,4	2,0	17,0	12,8	27,9	20,4	49,7	64,8
Transporte	6,2	14,5	27,4	22,3	10,4	29,4	56,0	33,9
Intermed. Fin.	23,0	19,4	28,3	29,4	40,0	44,8	8,8	6,5
Activ. inmob.	16,7	15,4	31,4	24,7	18,3	31,4	33,5	28,5
Admin.pública	26,8	30,0	33,3	27,6	26,2	28,4	13,8	13,9
Enseñanza	70,0	72,2	10,2	12,3	14,5	8,3	5,3	7,1
Serv.social, salud	51,0	48,4	22,1	24,7	16,3	12,7	10,6	13,8
Activ. Comunitarias	12,8	5,6	19,9	11,3	13,5	9,8	53,9	73,3
Servicio doméstico	0,1	0,5	2,5	0,7	2,0	1,3	95,4	97,5
Activ prof. y científicas	37,5	32,6	19,0	15,4	18,3	23,7	25,2	29,2
Arte, entretenimiento	30,9	19,3	25,4	20,4	12,1	16,3	31,6	44,0

Fuente: Elaboración propia en base a datos encuestas de hogares.

Si se excluyen estos segmentos y el análisis se limita al riesgo de sustitución tecnológica en los segmentos de productividad alta y mediana, el riesgo de sustitución tecnológica es, como se ha visto antes, similar para hombres y mujeres. Sin embargo, hay importantes diferencias a nivel de ramas de actividad y hay un mayor número de actividades con riesgos más elevados de sustitución para mujeres que para hombres. Por ejemplo, la proporción con un alto riesgo de sustitución tecnológica es claramente más alta para mujeres que para hombres en la minería, el suministro de electricidad, gas y agua, el comercio, el transporte, las actividades inmobiliarias, servicios comunales, y arte, entretenimiento y actividades recreativas, mientras que es al revés (mayor proporción de hombres en alto riesgo) en enseñanza, salud y agricultura.

Entre los rubros que tienen altos niveles de riesgo de sustitución, en el caso de los hombres tienen un mayor peso relativo en la estructura ocupacional la agricultura y la industria manufacturera, mientras que en el caso de las mujeres eso vale para el comercio, los restaurantes y la intermediación financiera. Por otra parte, destaca la presencia relativamente fuerte de las mujeres en algunas ramas con una proporción relativamente baja de empleos con alto riesgo de

sustitución, especialmente en la administración pública, la educación y los servicios sociales y de salud (cuadro 11).

Cuadro 11  
América Latina (12 países): ocupaciones según riesgo de sustitución en los  
segmentos de productividad mediana y alta, por rama de actividad y sexo (promedio simple) y participación  
de la rama en el empleo en estos segmentos (promedio ponderado)  
(En porcentajes)

	Bajo riesgo		Riesgo mediano		Alto riesgo		Participación	
	H	M	H	M	H	M	H	M
Agricultura	5,9	7,7	37,3	39,2	56,8	53,1	10,4	2,7
Minería	1,3	19,0	51,4	30,5	33,3	50,5	0,9	0,2
Manufactura	11,9	13,2	40,8	35,0	47,3	51,9	20,0	14,4
Electricidad	21,6	18,2	49,5	33,5	28,9	48,3	0,6	0,2
Construcción	15,9	25,8	45,7	30,0	38,3	44,2	9,6	1,0
Comercio	14,5	15,7	45,1	31,6	40,4	52,7	14,6	15,0
Restaurantes y hoteles	11,6	6,9	34,6	36,0	53,8	57,1	3,5	5,9
Transporte	15,5	22,7	62,5	32,3	22,0	45,0	8,3	2,7
Intermed. fin.	24,9	20,8	31,3	31,7	43,7	47,5	0,9	1,5
Activ. inmob.	26,7	22,2	46,8	35,6	26,5	42,2	1,1	1,0
Admin. pública	33,0	37,9	38,3	30,3	28,8	31,8	8,8	10,4
Enseñanza	74,1	78,4	10,6	12,9	15,3	8,7	3,0	8,5
Serv. social, salud	57,4	57,3	24,5	28,0	18,1	14,8	4,8	22,7
Activ. Comunitarias	27,7	25,2	42,8	38,7	29,5	36,1	10,8	11,5
Servicio a hogares	1,0	9,5	47,4	60,0	51,6	30,5	0,1	0,0
Activ. prof. y científicas	50,3	46,6	25,8	20,9	23,9	32,5	1,7	1,5
Arte, entretenimiento	47,0	35,2	37,2	37,7	15,8	27,1	0,7	0,4

Fuente: Elaboración en base a datos encuestas de hogares.

Por lo tanto, se puede resumir que, en términos comparativos, los riesgos de las mujeres se centran, sobre todo, en los mayores riesgos de sustitución que enfrentan dentro de muchas ramas (comercio, restaurantes, etc.), mientras que los riesgos de los hombres se centran en su mayor participación en ramas con riesgos elevados (agricultura, manufactura, etc.). Por otra parte, el riesgo promedio de sustitución se ve reducido por su fuerte presencia en ramas con riesgo relativamente bajo, sobre todo en educación y servicios sociales y de salud.

### III. Las perspectivas de la creación de empleos

Los primeros dos capítulos de este documento se dedicaron a los riesgos de la sustitución tecnológica del trabajo humano, tomando en serio las preocupaciones respecto a una masiva destrucción de empleos y a elevados niveles de desempleo. Sin embargo, de igual importancia es la creación de empleo que se puede generar como resultado de los avances tecnológicos, un aspecto que recibe menos atención en la literatura.

Vivarelli (2007) analiza en detalle lo que es comúnmente referido como la teoría clásica de la compensación del mercado laboral.<sup>13</sup> Esta teoría incluye varios mecanismos de compensación que se inician por el cambio tecnológico. Esta teoría incluye seis posibles caminos de compensación:

- i) Maquinaria nueva: el mismo proceso de innovación que desplaza a los trabajadores en las industrias automatizadas crea nuevos puestos de trabajo en los sectores que producen esta maquinaria.
- ii) Precios más bajos: con la introducción de las nuevas tecnologías disminuyen los costos, lo cual baja los precios y, de esta manera, estimula la demanda y crea nuevas oportunidades de producción y empleo.
- iii) Nuevas inversiones: se pueden invertir las ganancias generadas a nivel empresa por la implementación de las nuevas tecnologías, creándose más oportunidades de empleo.
- iv) Disminución de salarios: El desplazamiento de trabajadores por nuevas tecnologías, a través de una menor demanda laboral, podría llevar a una disminución de salarios. Esto favorecería a las industrias que utilizan tecnologías más intensivas en mano de obra, y podría estimular el uso de estas tecnologías e impulsar la demanda laboral. Sin embargo, también es posible un efecto contrario ya que la disminución de salarios

---

<sup>13</sup> Véanse también Acemoglu y Restrepo (2017).

puede disminuir la demanda agregada, lo cual puede afectar las expectativas de los empleadores y frenar la inversión.

- v) Aumento de salarios: Si los trabajadores no desplazados reciben parte de las ganancias de productividad generadas con la introducción de las nuevas tecnologías, sus salarios suben, y con eso aumenta el consumo.
- vi) Nuevos productos: Pueden surgir nuevas actividades económicas que generarían más oportunidades de trabajo.

Varios de estos canales y, sobre todo, sus impactos dependen de una serie de supuestos que no necesariamente se cumplen. Por ejemplo, un incremento de las ganancias no siempre conlleva un incremento de la inversión. Además, puede haber cierta contradicción entre los supuestos simultáneos de aumentos y reducciones salariales, salvo que se suponga una mayor segmentación y polarización con aumentos salariales para los beneficiarios de los incrementos de productividad, por un lado, y los trabajadores desplazados a actividades más intensivas de mano de obra y con menores niveles de productividad, por el otro. De todas maneras, el reacondicionamiento del mercado laboral como consecuencia de profundas transformaciones tecnológicas siempre ha sido disruptivo y los procesos compensatorios ocurrieron en ámbitos llenos de tensiones (Mokyr, Vickers y Ziebarth, 2015). En ciertas fases, por ejemplo, en Europa en el siglo 19, estos procesos fueron facilitados por masivos flujos de emigración de personas desplazadas de sus actividades económicas (agricultores, artesanos), en un contexto de elevado crecimiento demográfico.<sup>14</sup>

El resultado neto entre la sustitución tecnológica del trabajo humano y la generación de nuevos empleos es incierto, tanto respecto a la cantidad de empleos como respecto a la composición del empleo en términos de calidad. Un estudio sobre el impacto de la robotización en los Estados Unidos mostró que los procesos compensatorios fueron insuficientes en términos de empleo y salarios para contrarrestar las pérdidas generadas por el incremento en el uso de robots (Acemoglu y Restrepo, 2017). Por otra parte, Aaronson y Phelan (2017) encontraron que entre las ocupaciones con bajos salarios, las personas que se habían desempeñado en ocupaciones con tareas predominantemente rutinarias con contenido de conocimiento fueron las más afectadas por el cambio tecnológico. En el contexto de una economía en expansión lograron volver a emplearse, pero con salarios más bajos.

El punto 6 del listado previo indica que no todas las tendencias posibles de compensación provendrían de procesos desencadenados por efectos cantidad o precios de las transformaciones tecnológicas en cuestión. Según Acemoglu y Restrepo (2016), entre 1980 y 2007, en los Estados Unidos los empleos con nombres de ocupaciones inexistentes en 1980 representaron aproximadamente la mitad de los nuevos empleos lo que indica la importancia que las nuevas actividades tienen para la creación de nuevos puestos de trabajo.

En varios países, instituciones públicas desarrollan proyecciones de mediano y largo plazo sobre la destrucción y generación de empleo<sup>15</sup>. Por ejemplo, el Bureau of Labor Statistics de los Estados Unidos proyecta la evolución del empleo sobre un plazo de 10 años, diferenciado por ramas

---

<sup>14</sup> Entre 1850 y 1913 más de 40 millones de europeos emigraron a otros continentes. Esta emigración contribuyó a mejorar las condiciones de vida en sus países de origen al incidir en incrementos salariales (Hatton y Williamson, 1992).

<sup>15</sup> Para más información sobre modelos de proyección de demanda laboral por ocupaciones ver OECD (2016b) y van Breugel (2017) y para América Latina, Gontero y Albornoz (2019).

de actividad, ocupaciones, así como el nivel educativo y la experiencia típicamente requeridos. En el cuadro 12 se muestra la proyección para el plazo 2016-2026, por grandes grupos ocupacionales.

Cuadro 12  
Estados Unidos: número de trabajadores, por grupo ocupacional, 2016 y 2026<sup>a</sup>,  
y mediano del salario anual, 2017

Ocupación	Empleo (en miles)		Variación, 2016-26		Salario anual, mediano, 2017 (en dólares)
	2016	2026	Número (en miles)	Porcentaje (en porcentajes)	
Total	156 063,8	167 582,3	11 518,6	7,4	37 690
Ocupaciones gerenciales	9 533,1	10 340,4	807,3	8,5	102 590
Negocios y operaciones financieras	8 066,8	8 840,7	773,8	9,6	67 710
Ocupaciones en sistemas y matemática	4 419,0	5 026,5	607,5	13,7	84 560
Arquitectura e ingeniería	2 601,0	2 795,4	194,3	7,5	79 180
Ciencias sociales y naturales	1 299,5	1 424,3	124,8	9,6	64 510
Servicios sociales y comunitarios	2 570,7	2 942,6	371,9	14,5	43 840
Servicios jurídicos	1 283,3	1 399,5	116,2	9,1	80 080
Educación, formación y bibliotecarios	9 426,5	10 315,4	888,9	9,4	48 740
Arte, diseño, entretenimiento, deportes y medios sociales	2 772,9	2 941,0	168,1	6,1	48 230
Médicos y técnicos	8 751,5	10 088,1	1 336,6	15,3	64 770
Asistente de servicios de salud	4 315,6	5 335,2	1 019,6	23,6	28 710
Servicios de seguridad	3 505,6	3 663,8	158,2	4,5	39 550
Preparación de alimentos	13 206,1	14 438,1	1 232,0	9,3	21 910
Mantenimiento de edificios y hogares	5 654,1	6 177,9	523,8	9,3	25 620
Cuidado personal	6 419,7	7 647,4	1 227,6	19,1	23 610
Ventas	15 747,8	16 206,5	458,7	2,9	27 020
Asistente administrativo	23 081,2	23 230,8	149,6	0,6	34 740
Agricultura, pesca y silvicultura	1 060,1	1 056,7	-3,5	-0,3	24 390
Construcción y extracción	6 812,5	7 560,0	747,6	11,0	44 730
Instalación, mantenimiento y reparación	5 905,4	6 293,6	388,2	6,6	44 520
Producción	9 356,9	8 950,0	-406,9	-4,3	33 990
Transporte	10 274,2	10 908,4	634,3	6,2	31 600

Fuente: <https://stats.bls.gov/emp/>.

<sup>a</sup>Los datos de 2026 corresponden a proyecciones.

Cabe destacar que se proyecta que un 43,6% del aumento del número de ocupados corresponde a grupos de ocupación que tienen un ingreso mediano 20% por encima del ingreso mediano de todos los ocupados. Un 38,7% del aumento del número de ocupados a grupos de ocupación que tienen un ingreso mediano 20% por debajo del ingreso mediano de todos los ocupados y solo un 17,7% se ubican en grupos de ocupación con ingresos alrededor (+ / - 20%) del ingreso mediano de todos los ocupados, lo que implicaría que continuaría el proceso de polarización de la estructura ocupacional que se ha identificado para el período reciente (Banco Mundial, 2016). Las principales contribuciones al aumento de las ocupaciones con ingresos relativamente elevados provienen de profesionales y técnicos de la salud, educación, ocupaciones gerenciales y ocupaciones de negocios y financieros. En el grupo con los ingresos más bajos las

mayores proporciones de nuevos empleos provendrían de la preparación y el servicio de alimentos, ocupaciones de cuidado personal y ocupaciones de apoyo en salud. En el grupo intermedio aumenta el empleo en ocupaciones de construcción y transporte, pero se contrae el empleo en ocupaciones de producción. Cabe señalar que, tal como indican Frey y Osborne (2017: 36), las proyecciones del Bureau of Labor Statistics toman en cuenta el impacto de un cambio tecnológico gradual, pero no consideran el posible impacto destructivo de disrupciones tecnológicas.

Integrando proyecciones sobre la destrucción y la generación de empleo, el McKinsey Global Institute elaboró escenarios que, además de la sustitución tecnológica del trabajo humano, considera una serie de factores que incidirían en la generación de nuevos empleos, entre ellos el aumento de los ingresos y del consumo, sobre todo en economías emergentes, el envejecimiento de la población que creará nuevas demandas en la salud y la economía del cuidado, el desarrollo y la difusión de nuevas tecnologías (Manyika et al , 2017b). Además, toman en cuenta otras tres tendencias cuya magnitud dependería, en mayor grado, de decisiones tanto de políticas públicas como de estrategias de negocio del sector privado: la inversión en infraestructura y edificios, la inversión en energía renovable, eficiencia energética y adaptación al cambio climático, y la mercantilización de trabajo doméstico no remunerado. Por ejemplo, para el caso de México, para el plazo de 2016 a 2030 proyectan un aumento de la fuerza de trabajo en 15 millones de personas (Manyika et al , 2017: 100). En su escenario central estiman una sustitución tecnológica de 9 millones de empleos, lo que suma la necesidad de crear 24 millones de empleos, sin tomar en cuenta aspectos de calidad del empleo. Se proyecta la generación de 14 millones de empleos por las tendencias estructurales mencionadas. Otros 6 millones de empleos surgirían como consecuencia de las decisiones políticas indicadas y hasta 7 millones pueden surgir en ocupaciones emergentes<sup>16</sup>. En total, se crearían 27 millones de nuevos empleos, lo que cubriría las necesidades en el escenario base. Sin embargo, en un escenario de cambio tecnológico acelerado se perderían 9 millones de empleos adicionales, lo que generaría un saldo negativo.

La encuesta del World Economic Forum (WEF, 2018a), mostró que un 28% de las empresas entrevistadas esperan que expandirán su fuerza laboral por las nuevas tecnologías, mientras que un 50% espera una reducción. Según Manpower (2019) un 18% de las empresas encuestadas en 44 países anticipa un aumento de su personal como resultado de la automatización, mientras que un 69% estima que se mantendrá el número de empleados, lo que implica que posibles sustituciones de trabajo humano se verían compensadas por la generación de nuevos empleos. Entre los países latinoamericanos destacan Costa Rica y Guatemala, donde entre un 31% y un 40% y entre un 21% y 30% de las empresas, respectivamente, anticipan un aumento del personal por el cambio tecnológico. En Colombia, México, Panamá y Perú son entre 11% y 20% y en Argentina y Brasil hasta un 10% (Manpower 2019: 5). En general, estas proyecciones son mucho más optimistas que, por ejemplo, en Europa, posiblemente debido a un rezago en la introducción de las nuevas tecnologías, por lo que los gerentes prevén la necesidad de la contratación de personal especializado para la transformación tecnológica de la empresa. Sin embargo, en su estudio sobre Alemania, Arntz, Gregory y Zierahn (2018) también encuentran un efecto positivo de la introducción de las tecnologías de la industria 4.0 en el corto plazo, pero este efecto directo desaparecería en el plazo más largo, llegando a ser dominantes los efectos sustitutivos.

---

<sup>16</sup> Se refiere a empleos imprevisibles y la cantidad de nuevos empleos se estimó con base a la experiencia histórica.



Un área que combina altas expectativas por su potencial de generación de nuevas ocupaciones con preocupaciones sobre sus características es el trabajo organizado a través de plataformas digitales. Por un lado, se destacan factores como la elevada flexibilidad que las personas tienen para organizar su trabajo y su tiempo, el aprovechamiento de activos que tienen, así como la posibilidad de trabajar con diferentes plataformas localizadas en su país o en otro. Por otro lado, se han identificado características que limitan los derechos laborales de los trabajadores como la determinación no negociable del pago, detallados mecanismos de supervisión y control, procesos de trabajo establecidos por la plataforma, así como la posibilidad de desvincular a los trabajadores de manera unilateral (Krull, 2016). Estas características amenazan la calidad del empleo.

Le medición de estas ocupaciones todavía es muy limitada, y ocasionalmente se confunde cualquier trabajo "non standard" ("alternative work arrangements") con estas nuevas formas de trabajo. Bracha y Burke (2018) analizan bajo el concepto general de la *gig economy* los resultados de tres encuestas consecutivas (entre 2015 y 2017) sobre empleo informal en los Estados Unidos que abarcan tanto ocupaciones tradicionales realizadas completamente *offline* (como cuidar niños y cortar pasto), como actividades nuevas que surgieron con la digitalización. Resulta interesante que la mayor proporción de las ocupaciones de la *gig economy* corresponde a la venta o el alquiler de activos, área que por su parte reporta un fuerte incremento del uso de internet y aplicaciones, pero no un aumento de la proporción de las personas que se dedican a estas actividades ni de las horas medias dedicadas a ellas. Mientras que para las actividades informales en su conjunto las autoras encuentran un comportamiento contra-cíclico, y en el contexto de una dinámica generación de empleos formales la proporción del trabajo informal tendió a bajar (más por una reducción de horas de trabajo que por el número de personas que se desempeñan en estas actividades), las actividades basadas en internet aumentaron su participación: la realización de tareas *online* de 1,3% a 2,7%, el posteo *online* de 0,8% a 1,2% y manejar o compartir vehículos de 0,5% a 1,0%. Cabe señalar que los primeros dos parecen ser predominantemente actividades secundarias, con 5,7 y 6,6 horas semanales en el promedio de los tres años de la encuesta. En contraste, para muchas personas manejar o compartir vehículos aparentemente es la actividad principal, ya que en promedio se dedican 17,8 horas a esta actividad.

Por otra parte, en un estudio sobre la economía de plataformas en los Estados Unidos entre 2012 y 2016, (tanto plataformas de trabajo como de capital) un estudio del JPMorgan Chase Institute (Farrell y Craig, 2016) encuentra que entre las personas que participan en plataformas de trabajo la proporción es mayor entre desocupados (dejando al lado el trabajo de plataforma) que entre personas con (otro) trabajo y que la rotación de los participantes es elevada. Tener un empleo estable, percibir altos ingresos y ser joven son factores que inciden en una salida más rápida de las plataformas. Similar que en el estudio de Bracha y Burke (2018), en este estudio se encuentra que la participación en las plataformas de capital (venta de bienes o alquiler de activos) se mantiene estable, mientras que sigue aumentando en las plataformas de trabajo, si bien desde fines de 2015 de manera más lenta que previamente, lo que los autores atribuyen a las mejoras en el mercado laboral general.<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> El levantamiento de información confiable sobre la participación laboral en trabajos realizados o intermediados *online* es difícil. Katz y Kruger (2019) reportan sobre el intento del Bureau of Labor Statistics (BLS) de indagar en este tipo de trabajo con dos preguntas adicionales en su Contingent Work Survey. Sin embargo, el BLS detectó que un elevado porcentaje de las personas respondió las preguntas por este tipo de trabajo de manera errónea ("falsos positivos"), por lo que concluyeron que en vez de alrededor de 3% de los ocupados solo alrededor de un 1% de ellos realizan este tipo de trabajo.

Un aspecto que causa preocupación más allá de las consideraciones relacionadas con la destrucción y generación son los efectos distributivos de la reestructuración de la estructura del empleo. Por un lado, en este trabajo hemos destacado que una proporción de la ocupación con tamaño variado en los países de la región no se vería afectada por las transformaciones tecnológicas en curso, tratándose de los segmentos de baja productividad. Si las nuevas tecnologías aceleran el crecimiento de la productividad en los otros segmentos, las brechas correspondientes se profundizarían aún más.

Sin embargo, también la estructura productiva de los sectores de productividad alta o media puede volverse más heterogénea, a causa de las diferencias en la velocidad y profundidad de la introducción de las nuevas tecnologías y de su uso efectivo. Esto no solo ocurriría en los países de la región. Por ejemplo, Arntz, Gregory y Zierahn (2018) encuentran que en Alemania hay una brecha creciente entre empresas innovadoras que están integrando tecnologías 4.0 y otras que quedan atrás. Esta mayor heterogeneidad de la estructura productiva tendería a profundizar la creciente desigualdad en la estructura ocupacional y los salarios que provendría de los procesos simultáneos de un aumento de tareas analíticas e interactivas, una fuerte reducción de tareas rutinarias (cognitivas y manuales) y reducciones débiles de tareas manuales no rutinarias (Arntz, Gregory y Zierahn, 2018).<sup>18</sup> Dauth et al (2017) encuentran para Alemania que las ganancias de productividad logradas con la introducción de robots industriales no se traspasan a los salarios, de manera que tienden a reducir la participación de los salarios en la distribución funcional de los ingresos.

Por otra parte, también se encuentran desigualdades respecto al aprovechamiento de las oportunidades laborales que surgen con las nuevas tecnologías, por ejemplo, respecto a los géneros, los estratos educativos y los grupos etarios.

Respecto al posible impacto de la introducción de las nuevas tecnologías al empleo femenino, en la sección anterior se ha constatado que en el promedio las mujeres no se verían más afectadas que los hombres, si bien, entre las mujeres habría grandes diferencias según estrato educativo y edad (Brusseovich et al , 2018) ¿Cómo son las perspectivas de aprovechamiento de las oportunidades laborales emergentes para las mujeres?. La primera condición para este aprovechamiento es el acceso al y, por lo tanto, cierta familiaridad con el internet. Al respecto las brechas de acceso entre hombres y mujeres no son muy grandes ya que en 2016, en el promedio de 13 países latinoamericanos, el uso de internet de los hombres estuvo solo un 1,1 punto porcentual más elevado que el de las mujeres.<sup>19</sup> Además, datos de la OCDE indican que las brechas de familiaridad que pueden existir entre hombres y mujeres tienden a reducirse ya que, mientras que entre las personas de 55 a 65 años la capacidad de solucionar problemas en un entorno intensivo en tecnología es, en general, mayor para los hombres, en el grupo de 25 a 34 años los resultados son mixtos, con un número similar de países con ventajas para mujeres que para hombres, lo que indica que en las generaciones más jóvenes la cercanía a las nuevas tecnologías y, por lo tanto, la capacidad de aprendizaje en este entorno no es diferente para hombres y mujeres (OECD, 2017: 107) Según la UNESCO (2017), en todos los 14 países cubiertos en un estudio, las niñas del octavo grado muestran incluso un mayor nivel de alfabetización en tecnologías de información y comunicación que los niños.

---

<sup>18</sup> Card et al. (2016) discuten el impacto de procesos de concentración de empresas en la desigualdad salarial.

<sup>19</sup> Cálculo propio con base en CEPAL (2016).

Sin embargo, frente a estos resultados relativamente favorables respecto a un aprovechamiento igualitario de las oportunidades emergentes, se han identificado una serie de factores adversas. Así, a pesar del alto nivel de alfabetización digital, las niñas suelen tener menores niveles de auto-estima respecto a sus habilidades con las tecnologías digitales (UNESCO, 2017: 36), lo que afecta su confianza para optar por profesiones relacionadas con nuevas tecnologías y sería uno de los factores que inciden en la menor participación en las carreras universitarias correspondientes. En efecto, las mujeres están fuertemente sub-representadas en las carreras de ciencias, tecnologías, ingeniería y matemáticas, las llamadas carreras STEM (UNESCO, 2017). En consecuencia, no sorprende que la presencia de las mujeres entre los especialistas en TICs sea limitada. Por ejemplo, en los países de la OCDE, un 5,5% de los trabajadores hombres se desempeñan en una especialización relacionada con los TICs, mientras que esto vale solo para 1,4% de las trabajadoras mujeres (OECD, 2016). Grandes brechas en la inserción laboral de hombres y mujeres se identificaron, específicamente, en actividades relacionadas con la inteligencia artificial, donde en el conjunto de los países analizados por el World Economic Forum (WEF, 2018b) solo 22% son mujeres. Entre los 20 países con mayor volumen de actividades relacionadas con la inteligencia artificial, los tres latinoamericanos (Argentina, Brasil y México) se ubican entre los cinco países con las mayores brechas entre hombres y mujeres en estas actividades.

Por lo tanto, si bien es de suponer que muchas mujeres aprovecharían sus habilidades digitales para su inserción laboral, se tiende a reproducir la división de trabajo por género en las ocupaciones más demandadas, mejor remuneradas y con las mejores perspectivas de carrera. Al mismo tiempo podría profundizarse la segmentación del mercado laboral por género, ya que las mujeres tienden a estar sobre-representadas en algunas ocupaciones con perspectiva de expansión. Entre ellas destacan las ocupaciones en salud, educación y el cuidado de personas mayores, para las cuales se proyecta importantes aumentos debido a los procesos de envejecimiento, de la expansión de los sistemas educativos y de la ampliación y diferenciación de los sistemas de salud, lo que se suma a las probabilidades relativamente bajas de la sustitución tecnológica del trabajo en estas actividades (BID, 2019; Manyika et al, 2017b).

Si bien estas son tendencias favorables en términos de la generación de empleo, frecuentemente de buena calidad, para mujeres, habría que enfrentar el desafío de una reproducción de la división de trabajo por género. De allí, surge la necesidad de fortalecer las opciones de inserción de estudios y laboral para las mujeres en los campos relacionados con las nuevas tecnologías. Al mismo tiempo, es importante fortalecer la alfabetización digital para las mujeres de menor nivel educativo, de manera que puedan aprovechar oportunidades laborales correspondientes.

En efecto, personas (tanto hombres como mujeres) con menor nivel educativo tienen menores posibilidades de aprovechar las oportunidades emergentes, sobre todo si estas oportunidades se entienden en el marco del concepto del "trabajo decente". Lo mismo vale para personas de mayor edad, en comparación con personas más jóvenes.

Por ejemplo, en el año 2016 en el Perú 96% de las personas con estudio de postgrado y 88% de las personas con un primer título universitario, pero solo 38% de las personas con educación formal hasta la graduación de la escuela primaria y 22% de las personas sin estudios formales utilizan el internet (BBVA, 2017). A la vez, en el mismo país un 74% de las personas entre 21 y 25 años y un 27% de las personas de entre 56 y 60 años utilizan el internet, reflejando estas brechas de utilización diferentes grados de familiaridad con las nuevas tecnologías. En países de la OCDE,

alrededor de 42% de las personas de entre 25 y 34 años se desempeñan razonablemente bien frente a tareas que requieren el uso de ciertas aplicaciones tecnológicas, mientras que en el grupo etario de 55 a 65 años solo alrededor de 10% están en las condiciones de cumplir con estas tareas (OECD, 2016).

De estas brechas – tanto en los riesgos de sustitución tecnológica del trabajo humano, como respecto a las oportunidades de aprovechar las nuevas tecnologías de manera productiva – surgen importantes desafíos para contener y revertir nuevos procesos de exclusión en el mercado laboral. Estos desafíos son especialmente importantes por que, habitualmente, los esfuerzos de cualificación y capacitación se concentran en personas de mayores responsabilidades y que ya cuentan con habilidades tecnológicas avanzadas, mientras que las personas con mayor riesgo de sustitución tecnológica no se ubican en el centro de las estrategias de capacitación (WEF, 2018a). Siguiendo el mandato global de “no dejar nadie atrás”, eso implica que se requiere desarrollar procesos multi-actores para el diseño de políticas para facilitar el aprovechamiento de las oportunidades emergentes (también) de parte de grupos en riesgo de exclusión y diseñar regulaciones que permitan su acceso a trabajos decentes.

## IV. Conclusiones

Históricamente, profundos cambios tecnológicos solían causar preocupaciones sobre sus efectos en el empleo. En el pasado, la destrucción de empleo que ocurrió en estos contextos, si bien en algunos casos fue masiva, en el agregado ha sido compensado por la generación de nuevos empleos. Sin embargo, debido a la transversalidad y la velocidad de los cambios tecnológicos actuales, surge la pregunta: ¿Esta vez es diferente? (Mokyr, Vickers y Ziebarth, 2015). En efecto, los cambios tecnológicos en curso están transformando el mundo del trabajo profundamente. Si bien hasta ahora los procesos de destrucción y transformación de empleo que tienen lugar en este contexto no incidieron en una caída de los niveles de empleo, esto no excluye que en el futuro los impactos sean más contundentes. Hay un consenso bastante amplio de que, debido a la transversalidad de la aplicación potencial de las nuevas tecnologías, muchos empleos existentes hoy en día desaparecerán, aún mayor será el número de empleos que se transformarán y emergerán otros, en muchos casos sin que hoy en día podamos imaginarnos sus contenidos y características.

Las estimaciones sobre el riesgo de destrucción de empleo se centran en la factibilidad tecnológica de la sustitución del trabajo humano, pero en la realidad son, además, muchos factores económicos, políticas y sociales que moldearán el futuro mundo del trabajo, no solo en relación con la posible destrucción de empleos, sino también respecto a su transformación y generación. En efecto, desde una perspectiva "contextual condicionada", se rechaza tanto una perspectiva de determinismo tecnológico, en el sentido que son exclusivamente las características de las nuevas tecnologías las que determinan las transformaciones del mundo laboral, como también se rechaza un enfoque compensatorio en que se supone que el funcionamiento de los mercados genera por sí solo nuevos equilibrios en respuestas al impacto de las nuevas tecnologías. Más bien, el futuro del mundo de trabajo se decide a partir de las acciones de los actores económicos, políticos y

sociales —si bien no con un espacio ilimitado de acción sino condicionado por las características de las nuevas tecnologías y su utilización competitiva.

Hasta ahora, muchas estimaciones del riesgo de sustitución tecnológica del trabajo humano para América Latina y otros países en desarrollo han supuesto de manera implícita que los mercados laborales de la región tienen el mismo funcionamiento que los de los países desarrollados, lo que frecuentemente conllevó al resultado de que los países más pobres tendrían los mayores riesgos de sustitución tecnológica. Mientras que no se ha podido subsanar algunas debilidades de la aplicación de la método desarrollada por Frey y Osborne (2013) para estimar los riesgos de sustitución tecnológica en los Estados Unidos (sobre todo el supuesto de que las características de las ocupaciones en este país son idénticas a las de países como los de América Latina y el impacto de una introducción rezagada de las nuevas tecnologías), en este trabajo se ha ajustado este método para considerar la diferencia estructural de los mercados laborales correspondientes. Específicamente se ha tomado en cuenta la existencia de un gran sector determinado por las necesidades de subsistencia de muchos hogares y, por lo tanto, por la dinámica específica de la oferta laboral correspondiente que no se comporta como descrita en los libros de texto. Esta oferta laboral conforma los sectores de baja productividad que se ubican lejos de la frontera tecnológica y no son objeto de procesos de sustitución o complementariedad de los factores de producción, como si lo es el trabajo en los sectores de productividad media o alta.

Por lo tanto, en este trabajo se considera que el empleo en los sectores de baja productividad, debido a las necesidades de subsistencia de los ocupados en ellos, no enfrenta riesgos de sustitución tecnológica. En comparación con los resultados de la aplicación del método original, las estimaciones del riesgo de sustitución para el conjunto de ocupados basadas en el método ajustado generan tasas de riesgo considerablemente más bajas. También las tasas de riesgo de sustitución tecnológica en los sectores de productividad media y alta se modifican, generalmente ligeramente hacia la baja, debido a una composición diferente del empleo.

Como promedio simple de los resultados de 12 países de la región, la aplicación del método original de Frey y Osborne indica que en promedio un 62% de los ocupados están con riesgo de sustitución tecnológica. Si se diferencian los empleos existentes entre estratos de diferentes riesgos, 43% de los ocupados enfrentarían un alto riesgo de sustitución. En contraste, aplicando el método ajustado, que supone que los ocupados en los sectores de baja productividad no enfrentan ningún riesgo de sustitución, se estima que en promedio un 24% de los ocupados de los 12 países considerados están en riesgo de sustitución, y un 16% de los ocupados enfrenta un riesgo alto. Hay que tomar en cuenta, sin embargo, que los empleos a los cuales se les atribuye un riesgo cero de sustitución son los que suelen tener la peor calidad, en términos de ingresos, derechos laborales y sociales, entre otros.

Tal como en otros estudios, el método original genera una correlación negativa entre el riesgo de sustitución y el PIB pc (más pobre el país, mayor el riesgo promedio de sustitución). Sin embargo, con el método ajustado, esta correlación se revierte, y el riesgo es proporcionalmente mayor en los países de la región con un mayor PIB pc, que tienen sectores más grandes con productividad media y alta donde se darían transformaciones tecnológicas que sustituirán trabajo humano.

Sin duda el método de ajuste implica una subestimación del riesgo, pues es poco probable que todos los ocupados identificados con la medición *proxy* como trabajando en sectores de baja

productividad realmente estén con un riesgo cero, por ejemplo, en las microempresas y el servicio doméstico. Otra inexactitud (que este trabajo comparte con otros estudios sobre el tema) proviene del supuesto implícito que las personas que se desempeñan en una ocupación específica realizan las mismas tareas que una persona en la misma ocupación en los Estados Unidos. Si bien este supuesto puede ser adecuado para ciertas ocupaciones, para otras no es realista, y para superar esta debilidad habría que realizar encuestas sobre las tareas efectivamente realizadas por los trabajadores, como el PIAAC (que por ahora solo existe para Chile), de manera que se puede identificar las tareas que las personas realizan al desempeñarse en una ocupación dada. Además, para la interpretación de los resultados de este estudio hay que tomar en cuenta que se trata de una "foto" del riesgo de sustitución tecnológica en un momento dado, en circunstancias en que las capacidades tecnológicas están en una veloz evolución que modifica la capacidad de sustitución de manera continua.

Por otra parte, hay una serie de factores que inciden en que los países de la región tengan una velocidad de introducción de las nuevas tecnologías que difiere de la de los países tecnológicamente más avanzados. Con la excepción de las ganancias de productividad que potencialmente son más elevados en los países de la región que en dichos países y, en algunos casos, la composición de las ocupaciones por tareas, los otros factores relevantes al respecto (como la menor reducción de costos laborales, rezagos en la infraestructura y las capacidades de innovación, entre otros) atrasan la introducción de las nuevas tecnologías, mientras el impacto de un tercer grupo de factores (como las regulaciones y los procesos administrativos) depende de las políticas que se implementan.

Finalmente, además del riesgo de que el trabajo humano se vea sustituido de manera directa por las nuevas tecnologías es importante tomar en cuenta efectos indirectos. Así, la introducción de las tecnologías en otras empresas del mismo país o en otros países que, a través de los mercados competitivos, pueden destruir empleos en empresas que dejan de ser competitivas debido a su rezago tecnológico y la reestructuración de cadenas globales de valor puede eliminar empleos en países en vía de desarrollo por la reubicación de segmentos de estas cadenas hacia países desarrollados.

Mientras que muchos estudios se centran en los riesgos de destrucción de puestos de trabajo existentes, las nuevas tecnologías también abren nuevas oportunidades de generación de empleo. Primero, se están generando empleos requeridos por el mismo proceso de introducción de las nuevas tecnologías. Segundo, una serie de efectos compensatorios estimulan la creación de nuevos puestos de trabajo en otros rubros (sobre todo, en los servicios). En tercer lugar, los diferentes tipos de plataformas digitales crean nuevas formas de trabajo, tanto a realizarse a nivel local como a nivel global.

Sin embargo, tanto en el contexto de la destrucción de empleos existentes como en el de la generación de nuevas oportunidades laborales, surge el riesgo de nuevas desigualdades y segmentaciones. En efecto, tal como otros estudios, en esta investigación se ha encontrado que diferentes grupos de ocupados se ven afectados de manera desigual por los riesgos de sustitución tecnológica. Varios de estos procesos implican riesgos de una mayor polarización y segmentación del mercado laboral y se requieren políticas públicas coordinadas para enfrentar estos desafíos.

Los resultados de las estimaciones presentadas en este documento indican que los riesgos desiguales respecto a la sustitución tecnológica tenderían a polarizar el mercado de trabajo. En relación al nivel educativo de los trabajadores se observan las siguientes tendencias:

- Los ocupados de menor nivel educativo formal, ya de por sí centrado en los sectores de baja productividad, enfrentan el más alto riesgo de desplazamiento desde los sectores de productividad media y alta. Muchos de estos trabajadores probablemente no tendrían otra alternativa que insertarse en los sectores de baja productividad.
- Los ocupados de mayor nivel educativo formal enfrentan los menores riesgos de sustitución tecnológica, de manera que aumentarían su proporción entre los ocupados en los sectores de productividad media y alta, lo que se ve posibilitado por su aumento en la oferta laboral, gracias a las políticas educativas de las últimas décadas.
- Los ocupados de nivel educativo intermedio ocupados en los sectores de productividad media y alta tienen niveles de riesgo de sustitución tecnológica relativamente elevados y, en términos absolutos representan un 57% de las personas con alto riesgo de sustitución, muchos de los cuales probablemente tendrán que reinsertarse en empleos de peor calidad.

Los resultados de estas tendencias dependerán de las políticas que se apliquen en términos de capacitación de trabajadores que puedan mantenerse en sus empleos aplicando nuevas tecnologías o a cualificarse y recapitarse en el caso de trabajadores que están en riesgo de perder su empleo y que deseen aprovechar las nuevas oportunidades laborales emergentes. En este contexto, la región enfrenta grandes retos en términos de identificación y anticipación de la demanda de habilidades y en los ajustes curriculares tanto en el ámbito universitario, como en la educación secundaria y post-secundaria no universitaria. Este desafío es cada vez más complejo, no solo por la velocidad del cambio tecnológico sino también por la dificultad de determinar la mezcla más efectiva de diferentes tipos de habilidades y la incertidumbre reinante respecto al futuro desarrollo de estos requisitos. Hay que tomar en cuenta al respecto, además, que los países de la región sufren – con diferentes grados – rezagos importantes en las habilidades básicas respecto a otras regiones de manera que, si bien es importante fortalecer la educación y formación en habilidades demandadas especialmente en el contexto de la introducción de las nuevas tecnologías, no puede ignorarse la importancia de mejorar el desempeño educativo en habilidades como la lectura y su comprensión y las matemáticas básicas.

Asimismo, es importante que las políticas de educación y formación técnica-profesional estén coordinadas con las políticas de desarrollo productivo y regulatorias que permitan fomentar la generación de nuevos empleos que aprovechan los avances tecnológicos, observando los compromisos relacionados con el Objetivo de Desarrollo Sostenible #8 que, entre otros, plantea la generación de empleo pleno y productivo y trabajo decente para todos y el Objetivo de Desarrollo Sostenible #4 sobre la educación de calidad que aboga por aumentar el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias necesarias, en particular técnicas y profesionales, para acceder al empleo, el trabajo decente y el emprendimiento. En este contexto, políticas coordinadas entre el sector público y el privado para promover la adaptación adecuada de las nuevas tecnologías son indispensables para evitar que se amplíen las brechas externas de productividad y que las economías de la región pierdan competitividad y para aprovechar las oportunidades emergentes de generación de empleo. Un esfuerzo especial es necesario para evitar la ampliación de las brechas internas, a través de políticas de apoyo a las pequeñas y medianas empresas para las cuales las nuevas tecnologías conllevan grandes niveles de incertidumbre, no solo por lo



desconocido en el ámbito tecnológico, sino también por la imprevisibilidad de la evolución de los mercados frente a la disrupción tecnológica.

En relación a los efectos desagregados por sexo, según las estimaciones del riesgo de sustitución tecnológica basadas en el método original las mujeres enfrentan, en promedio, una mayor proporción de ocupadas con alto riesgo de sustitución que los hombres. Sin embargo, debido a la mayor proporción de mujeres que se desempeñan en sectores de baja productividad, este resultado se revierte aplicando el método ajustado, y hay una mayor proporción de hombres en ocupaciones que enfrentan un riesgo alto o intermedio de sustitución tecnológica. En general, el riesgo de sustitución tecnológica de los hombres se debe principalmente a su concentración en ramas de actividad que tienen altos niveles de riesgo de sustitución tecnológica, mientras que para las mujeres el riesgo consiste, en mayor grado, en que se desempeñan en ocupaciones de alto riesgo dentro de diferentes ramas. Por otra parte, una mayor proporción de mujeres que los hombres se desempeña en ocupaciones consideradas de bajo riesgo de sustitución, especialmente en ocupaciones relacionadas en la educación, la salud y otros servicios sociales.

Respecto a las perspectivas de inserción laboral en el contexto de una profunda transformación tecnológica, cabe resaltar la participación relativamente baja de las mujeres en carreras claves para aprovechar las oportunidades emergentes. Esto podría contribuir a profundizar segmentaciones y desigualdades existentes en la división sexual de trabajo, por lo que se requiere políticas dirigidas a eliminar barreras de acceso y estimular la inserción educativa y laboral de mujeres en ocupaciones con perspectiva de futuro. En este contexto frecuentemente se hace énfasis en las buenas perspectivas laborales de actividades laborales con fuerte presencia femenina (trabajo de cuidado remunerado, salud, educación). Estas, si bien son tendencias importantes, una mayor inserción laboral de las mujeres a través de la expansión de estas actividades debe complementarse por mejores oportunidades para mujeres en actividades relacionadas con las transformaciones tecnológicas. Este aspecto también es relevante en el contexto del Objetivo de Desarrollo Sostenible #8 que establece que al 2030 todas las mujeres y todos los hombres deben poder contar con empleo pleno y productivo y trabajo decente y el objetivo #5 que enfatiza la igualdad entre los géneros.

En relación al impacto de los avances tecnológicos por grupo de edad, se observa que un reto consiste en la adaptación, la capacitación y la reubicación de personas de edad adulta o avanzada que se ven afectadas por las transformaciones tecnológicas<sup>20</sup>. Por una parte, los jóvenes tienen las tasas de riesgo más elevadas, pero en general tienen mayores habilidades de reinserción en un entorno tecnológico – si bien sus oportunidades, por supuesto, dependen de factores como el nivel educativo. Por otra parte, los adultos en edad intermedia representan, en términos absolutos, el mayor contingente de personas con elevados riesgos de sustitución. En general cuentan con menos habilidades digitales que les permitirían reinsertarse, lo que en el contexto de profundas transformaciones tecnológicas genera altos niveles de incertidumbre. Esto establece grandes desafíos para los sistemas de formación técnica y de capacitación y el desarrollo de facilidades del aprendizaje de por vida (*life-long learning*).

Finalmente, debido a los riesgos de una mayor segmentación, precarización e informalización que surgen en el contexto de las nuevas tecnologías se requieren nuevas regulaciones laborales y sociales orientadas a que los nuevos empleos reflejen los requisitos para un trabajo decente, para lo cual es indispensable un esfuerzo común de todos los actores involucrados.

---

<sup>20</sup> La consideración de grupos de edad también se establece en el ODS # 8 particularmente con la meta 8.5 de trabajo decente para los jóvenes y 8.6 de reducción de jóvenes que no están ocupados ni cursan estudios, así como en el ODS# 10 que aboga por potenciar y promover la inclusión social, económica y política de todas las personas, independientemente de su edad.



## Bibliografía

- Aboal, Diego y Gonzalo Zunino 2017, "Innovación y habilidades en América Latina" en Robotlución. El futuro del trabajo en la integración 4.0 de América Latina, Integración & Comercio, no.42, pp.42-57.
- Acemoglu, Daron y Pascual Restrepo 2017, Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets, NBER Working Paper Series, No. 23285, Cambridge, MA.
- \_\_\_\_\_ 2016, The Race Between Machine and Man: Implications of Technology for Growth, Factor Shares and Employment, NBER Working Paper Series, No. 22252, Cambridge, MA.
- Arntz, Melanie, Terry Gregory y Ulrich Zierahn 2018, Digitalisierung und die Zukunft der Arbeit: Makroökonomische Auswirkungen auf Beschäftigung, Arbeitslosigkeit und Löhne von morgen, ZEW, Mannheim.
- \_\_\_\_\_ 2016, "The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis" OECD Social, Employment and Migration Working Papers, No. 189, OECD Publishing, Paris.
- Autor, David y David Dorn 2013, "The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market", American Economic Review, 103(5), pp.1535-1597.
- Autor, David, Frank Levy y Richard Murnane 2003, "The skill content of recent technological change: An empirical exploration" The Quarterly Journal of Economics, 118(4), 1279-1333.
- Balliester, Thereza y Adam Elsheikhi 2018, The Future of Work: A Literature Review, ILO Research Department, Working Paper No.29, Geneva.
- Banco Mundial 2016, "Digital Dividends, World Development Report 2016" Washington D.C.
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo) 2019, El futuro del trabajo en América Latina y el Caribe. Educación y salud: ¿los sectores del futuro?, Washington, D.C.
- \_\_\_\_\_ 2018, El futuro del trabajo en América Latina y el Caribe, en African Development Bank Group et al., El futuro del trabajo: perspectivas regionales, Washington D.C., pp.95-113.
- Bowles, Jeremy 2014, "The Computerization of European Jobs", Bruegel, Brussels.
- Bracha, Anat y Mary A. Burke 2018, The Ups and Downs of the Gig Economy, 2015-2017, Federal Reserve Bank of Boston, Working Papers No.18-12.

- Brussevich, Mariya, Era Dabla-Norris, Christine Kamunge, Pooja Karnane, Salma Khalid y Kalpana Kochhar 2018, Gender, Technology, and the Future of Work, IMF Staff Discussion Note, SDN/18/07
- Brzeski, Carsten e Inga Burk 2015, "Die Roboter kommen. Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt", ING DiBa Economic Research.
- Cadena, Andrés, Susan Lund, Jacques Bughin y James Manyika 2017, El salto de productividad, en Robotlución. El futuro del trabajo en la integración 4.0 de América Latina, Integración & Comercio, no.42, pp.102-115.
- Carbonero, Francesco, Ekkehard Ernst y Enzo Weber, 2018, Robots Worldwide: The Impact of Automation on Employment and Trade, Working Paper No.36, ILO, Research Department, Geneva.
- Card, David, Ana Rute Cardoso, Jörg Heining y Patrick Kline 2016, Firms and Labor Market Inequality: Evidence and Some Theory, IZA Discussion Paper No. 9850.
- CEPAL 2018, Estado de la banda ancha en América Latina y el Caribe 2017, Santiago.
- \_\_\_\_\_ 2016, Science, technology and innovation in the digital economy. The state of the art in Latin America and the Caribbean, Santiago.
- Chui, Michael, James Manyika y Mehdi Miremadi 2017, The Countries Most (and Least) Likely to be Affected by Automation, Harvard Business Review, April 12, 2017 <https://hbr.org/2017/04/the-countries-most-and-least-likely-to-be-affected-by-automation> {bajado 6.2.2019}.
- Dauth, Wolfgang, Sebastian Findeisen, Jens Südekim y Nicole Wößner 2017, German Robots – The Impact of Industrial Robots on Workers, IAB Discussion Paper 30/2017.
- David, Benjamin 2017, "Computer technology and probable job destructions in Japan: An evaluation" Journal of the Japanese and International Economies, 43, 77-87.
- Deloitte 2014, "Agiletown: the relentless march of technology and London's response" London Futures.
- Dengler, Katharina y Britta Matthes 2018, The impacts of digital transformation on the labour market: Substitution potentials of occupations in Germany, Technological Forecasting & Social Change 137: 304-316.
- \_\_\_\_\_ 2018b "Wenige Berufsfelder halten mit der Digitalisierung Schritt", JAB-Kurzbericht 4/2018, Institut für Arbeitsmarkt und Berufsforschung, Nürnberg
- Farrell, Diana y Fiona Craig 2016, The Online Platform Economy. Has Growth Economy? JPMorgan Chase Institute.
- Fierro E., Pamela 2018, Automatización en Chile: ¿Cuál es la realidad que hoy vive cada sector?, Diario Financiero, 26.12.2018 [en línea] <https://www.df.cl/noticias/economia/laboral-personas/automatizacion-en-chile-cual-es-la-realidad-que-hoy-vive-cada-sector/2018-12-24/134422.html>.
- Frey, Carl y Michael, Osborne 2017, "The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?" Technological Forecasting and Social Change, 114, 254-280.
- \_\_\_\_\_ 2013, "The future of employment: how susceptible are jobs to computerization?" University of Oxford.
- Frugoni, María Laura 2016, "Estimaciones preliminares sobre la automatización del empleo en Argentina" CABA: Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas.
- Fuei, Lee King 2017, "Automation, computerization and future employment in Singapore", Journal of Southeast Asian Economies (JSEAE), 34(2), 388-399.
- Giuntella, Osea y Tianyi Wang 2019, "Is an Army of Robots Marching on Chinese Jobs?", IZA Discussion Paper Series No. 12281.
- Gontero, Sonia y Sonia Albornoz 2019, La identificación y anticipación de brechas de habilidades laborales en América Latina. Experiencias y lecciones, serie Macroeconomía del Desarrollo, núm.199, CEPAL.
- Goos, Maarten y Alan, Manning 2007, "Lousy and lovely jobs: The rising polarization of work in Britain" The Review of Economics and Statistics, 89(1), 118-133.

- Graetz, George y Guy Michaels 2018, "Robots at Work", *Review of Economics and Statistics*, 100(5), 753-768.
- Hatton, Timothy J. y Jeffrey G. Williamson 1992, *What Drove the Mass Migrations from Europe in the Late Nineteenth Century?* NBER Working Paper Series on Historical Factors In Long Run Growth, Historical Paper No.43, Cambridge, MA.
- Hongo, Jun 2015, "Nearly half of all jobs in Japan could be done by robots, AI: report" *The Wall Street Journal*.
- Isabella, Fernando, Lucía Pittaluga y Gaston Mullin, s.f., *Automatización y empleo en Uruguay. Una mirada en perspectiva y en prospectiva*, Oficina de Planeamiento y Presupuesto, Presidencia de la República Oriental del Uruguay.
- Katz, Lawrence F. y Alan B. Krueger 2019, *Understanding Trends in Alternative Work Arrangements in the United States*, NBER Working Paper Series 25425 (<http://www.nber.org/papers/w25425>).
- Krull, Sebastian 2016, *El cambio tecnológico y el nuevo contexto del empleo. Tendencias generales y en América Latina*, Documento de Proyecto, LC/W.725, CEPAL, Santiago.
- Lawrence, Mathew, Carys Roberts y Loren King 2017, "Managing automation: Employment, inequality and ethics in the digital age" IPPR Commission on Economic Justice.
- Manpower 2019, *Humans Wanted: Robots need you. Skills revolution 4.0*, [www.manpowergroup.com](http://www.manpowergroup.com)
- Manyika, James, Michael Chui, Mahdi Miremadi, Jacques Bughin, Katy George, Paul Willmott y Martin Dewhurst 2017a, *A Future that Works: Automation, Employment, and Productivity*, McKinsey Global Institute.
- Manyika, James, Susan Lund, Michael Chui, Jacques Bughin, Jonathan Woetzel, Parul Batra, Ryan Ko y Saurabh Sanghvi 2017b, "Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transitions In A Time Of Automation" McKinsey Global Institute.
- Mokyr, Joel, Chris Vickers, y Nicolas L. Ziebarth 2015, *The history of technological anxiety and the future of economic growth: Is this time different?*, *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 29 (3): 31-51.
- Naudé, Wim 2019, "The Race against the Robots and the Fallacy of the Giant Cheesecake: Immediate and Imagined Impacts of Artificial Intelligence", IZA Discussion Paper Series No. 12218.
- Nedelkoska, Ljubilca y Glenda Quintini 2018, "Automation, skills use and training", *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, No. 202, OECD Publishing, Paris.
- NZIER 2015, "Disruptive technologies. Risks, opportunities – Can New Zealand make the most of them?" Chartered Accountants for Australia and New Zealand (CAANZ).
- OECD 2019, *How's Life in the Digital Age? Opportunities and Risks of the Digital transformation for People's Well-being*, Paris.
- \_\_\_\_ 2017, *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017. The digital transformation*, Paris
- \_\_\_\_ 2016a, *Skills for a Digital World, Policy Brief on the Future of Work*, Paris.
- \_\_\_\_ 2016b, "Getting Skills Right: Assessing and Anticipating Changing Skill Needs", OECD Publishing, Paris.
- OPP (Oficina de Planeamiento y Presupuesto) 2018, *Automatización y empleo en Uruguay. Una mirada en perspectiva y en prospectiva. Hacia una Estrategia Nacional de Desarrollo, Uruguay 2050, Serie de Divulgación Vol. II*, Montevideo.
- Pajarinen, Mika y Petri, Rouvinen 2014, "Computerization threatens one third of Finnish employment" ETLA Brief, No. 22, pp. 13.
- Pajarinen, Mika, Petri Rouvinen y Anders Ekeland 2015, "Computerization threatens one-third of Finnish and Norwegian employment" ETLA Brief, 34, 1-8.
- Porcile, Gabriel 2011, *La teoría estructuralista del desarrollo*, en Ricardo Infante (ed.), *El desarrollo inclusivo en América Latina y el Caribe. Ensayos sobre políticas de convergencia productiva para la igualdad*, CEPAL, Santiago, pp.31-64 .

- Pratt, Gill A. 2015, "Is a Cambrian Explosion coming for robotics?", *The Journal of Economic Perspectives*, Vol.29 (3): 51-60.
- Stewart, Ian, Debapratim De y Alex Cole 2015, "Technology and people: The great job-creating machine." Deloitte, London, UK.
- UNESCO 2017, *Cracking the code: Girls' and women's education in science, technology, engineering and mathematics (STEM)*, Paris.
- van Breugel, Gerla 2017, "Identification and anticipation of skill requirements Instruments used by international institutions and developed countries", CEPAL. Documento de Proyecto. Octubre.
- Vivarelli, Marco 2007, "Innovation and Employment: A Survey", IZA Discussion Paper No. 2621.
- Weller, Jürgen 2017, *Las transformaciones tecnológicas y su impacto en los mercados laborales*, serie Macroeconomía del Desarrollo, núm.190, CEPAL.
- Weller, Jürgen y Cornelia Kaldewei 2014, *Crecimiento económico, empleo, productividad e igualdad*, Juan Alberto Fuentes Knight (ed.) *Inestabilidad y desigualdad. La vulnerabilidad del crecimiento en América Latina y el Caribe*, Libros de la CEPAL no.128, pp.61-103.
- World Bank 2018, *The Changing Nature of Work*, World Development Report 2019, Washington, D.C.
- WEF (World Economic Forum) 2018a, *The Future of Jobs Report 2018*, Cologny/Geneva.
- \_\_\_\_\_ 2018b, *The Global Gender Gap Report*, Cologny/Geneva
- \_\_\_\_\_ 2018c, *Towards a Reskilling Revolution. A Future of Jobs for All*, Cologny/ Geneva.

## **Anexo**

Cuadro A1  
Fuentes de información, por país y año

País	Año	Encuesta
Argentina	2016	Encuesta Permanente de Hogares (EPH)
Bolivia	2015	Encuesta Permanente de Hogares (EPH)
Brasil	2015	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD)
Chile	2015	Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN)
Ecuador	2016	Encuesta de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU)
El Salvador	2016	Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples (EHPM)
Guatemala	2014	Encuesta Nacional sobre Condiciones de Vida (ENCOVI)
Honduras	2016	Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples (EHPM)
México	2015	Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE)
Perú	2016	Encuesta Nacional de Hogares - Condiciones de vida y pobreza (ENAHO)
República Dominicana	2016	Encuesta Nacional de Fuerza de Trabajo (ENFT)
Uruguay	2016	Encuesta Continua de Hogares (ECH)

Fuente: Elaboración propia

Cuadro A2  
Ocupados por riesgo de sustitución tecnológica, por rama  
de actividad, método ajustado  
(En porcentajes)

	Proporción de ocupados en sectores de productividad alta y mediana			Proporción del total de ocupados <sup>a</sup>		
	Riesgo bajo	Riesgo intermedio	Riesgo alto	Riesgo bajo	Riesgo intermedio	Riesgo alto
Agricultura	5,6	37,6	56,8	1,5	10,3	14,9
Explot.de minas	21,3	48,6	30,1	12,1	35,1	24,6
Industria manufacturera	11,5	40,9	47,6	6,7	24,0	27,1
Electricidad, gas y agua	20,9	43,6	35,5	16,2	35,7	26,2
Construcción	16,6	45,0	38,5	5,6	15,2	14,6
Comercio	16,0	38,5	45,5	4,3	14,1	13,7
Hoteles y restaurantes	12,8	34,4	52,8	5,3	13,9	22,4
Transporte	18,0	56,7	25,3	7,5	27,4	11,9
Intermediación financiera	27,7	28,6	43,7	25,3	27,0	40,2
Actividades inmobiliarias	28,3	40,8	30,9	16,4	27,6	20,6
Administración pública	31,0	36,3	32,7	28,0	33,6	29,4
Educación	75,3	13,6	11,1	71,7	12,9	10,8
Servicios sociales y salud	57,3	27,1	15,6	49,4	23,9	13,4
Actividades comunitarias	26,0	41,9	32,0	8,8	15,7	11,6
Hogares	1,7	56,2	42,2	0,1	0,6	1,1
Actividades Profes. y científ.	46,2	25,8	28,0	31,3	15,9	18,9
Arte y entretenimiento	44,2	37,4	18,4	27,2	23,3	13,8

Fuente: Elaboración en base a datos encuestas de hogares.

<sup>a</sup> La diferencia entre la suma de las tres columnas y 100 corresponde a las ocupaciones en los sectores de baja productividad.



Cuadro A3  
Probabilidad promedio de sustitución tecnológica según rama y país, método ajustado  
(En porcentajes)

	Argentina	Bolivia	Brasil	Chile	Ecuador	El Salvador	Guatemala	Honduras	México	Perú	República Dominicana	Uruguay	América Latina
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	--	2,0	18,9	51,4	13,9	13,5	23,5	4,4	16,3	10,6	13,2	28,6	19,3
Explotación de minas y canteras	57,1	37,8	--	48,5	45,0	--	--	12,7	55,0	45,5	35,4	56,3	43,7
Industria manufacturera	47,6	18,2	40,0	40,6	27,3	11,7	29,8	32,9	47,1	27,1	38,2	48,6	34,1
Suministro de electricidad, gas y agua	58,6	35,5	--	42,2	50,1	0,0	--	26,9	56,3	51,	51,5	50,0	42,2
Construcción	22,9	17,6	21,7	42,7	23,2	14,4	24,6	5,4	25,4	21,5	7,3	29,1	21,3
Comercio al por mayor y al por menor	25,7	6,2	27,8	33,2	10,7	9,1	18,9	12,2	25,5	13,2	21,9	37,7	20,2
Alojamiento y servicios de comida	39,9	9,5	30,5	45,4	13,7	--	--	13,9	29,6	10,4	34,9	47,6	27,5
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	42,9	8,9	31,6	37,0	12,4	16,8	37,8	20,4	28,3	12,3	14,2	45,2	25,7
Intermediación financiera	61,3	37,8	--	48,5	58,5	22,4	67,6	62,4	56,0	67,3	43,8	69,5	54,1
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	28,7	13,4	--	39,1	34,3	--	58,1	45,1	36,8	39,7	34,7	54,0	38,4
Administración pública y defensa	56,3	33,1	50,2	43,8	46,7	5,4	31,4	51,0	51,6	60,0	41,9	46,5	43,2
Enseñanza	23,8	12,7	--	25,1	13,8	20,7	--	19,2	21,9	20,7	28,2	24,7	21,1
Servicios sociales y de salud	36,9	16,3	24,2	27,8	19,1	7,8	--	25,4	29,0	29,0	30,4	38,0	25,8
Otras actividades de servicios comunitarios, sociales y personales	25,7	9,4	33,9	27,8	8,0	--	6,3	6,1	17,2	19,8	31,0	15,7	18,3
Hogares privados con servicio doméstico	0,2	6,2	0,0	5,5	0,0	4,4	--	0,0	--	0,0	0,1	0,0	1,6
Organizaciones y órganos extraterritoriales	57,7	27,5	--	36,2	61,1	--	--	53,0	54,2	1,4	24,1	58,7	41,6
Actividades profesionales, científicas y técnicas	28,2	23,5	--	--	28,8	--	40,3	22,6	36,4	--	--	35,2	30,7
Arte, entretenimiento y recreación	32,9	28,5	--	--	21,1	--	--	7,5	26,1	--	--	38,8	25,8

Fuente: Elaboración en base a datos encuestas de hogares.



NACIONES UNIDAS

Serie

C E P A L

Macroeconomía del Desarrollo

## Números publicados

Un listado completo así como los archivos pdf están disponibles en  
[www.cepal.org/publicaciones](http://www.cepal.org/publicaciones)

201. Cambio tecnológico y empleo: una perspectiva latinoamericana. Riesgos de la sustitución tecnológica del trabajo humano y desafíos de la generación de nuevos puestos de trabajo, Jürgen Weller, Sonia Gontero y Susanna Campbell (LC/TS.2019/37), 2019.
200. Financing of education and technical and vocational education and training (TVET) in Latin America and the Caribbean, Michael Hanni (LC/TS.2019/29/Rev.1), 2019.
199. La identificación y anticipación de brechas de habilidades laborales en América Latina: experiencias y lecciones. Sonia Gontero y Sonia Albornoz (LC/TS.2019/11), 2019.
198. Metodología para la construcción de un indicador adelantado de flujos de capitales para 14 países de América Latina, Pablo Carvallo, Cecilia Vera, Claudia de Camino y José Sánchez (LC/TS.2018/120), 2018.
197. Territorial inequality, equalization transfers and asymmetric sharing of non-renewable natural resources in Latin America. Giorgio Brosio, Juan Pablo Jimenez and Ignacio Ruelas (LC/TS.2018/113), 2018.
196. Decentralized provision of education: methodological suggestions for analysis, with application to Mexico. Giorgio Brosio (LC/TS.2018/108), 2018.
195. Ciclo de precios y regímenes fiscales vinculados con los recursos naturales no renovables en América Latina y el Caribe. Michael Hanni, Juan Pablo Jiménez e Ignacio Ruelas (LC/TS.2018/92), 2018.
194. Gastos e ingresos públicos de América Latina desde fines de los años ochenta hasta 2015. Tendencias observadas, desafíos actuales y lineamientos de reformas. Oscar Cetrángolo, Javier Curcio, Juan Carlos Gómez Sabaini y Dalmiro Morán (LC/TS.2018/61), 2018.
193. La construcción de sistemas de información sobre el mercado laboral en América Latina. Sonia Gontero y María José Zambrano (LC/TS.018), 2018.
192. Financiamiento y gasto educativo en América Latina. Oscar Cetrángolo y Javier Curcio (LC/TS.2017/95), 2017.

## MACROECONOMÍA DEL DESARROLLO

### Números publicados:

- 201 Cambio tecnológico y empleo: una perspectiva latinoamericana  
Riesgos de la sustitución tecnológica del trabajo humano y desafíos de la generación de nuevos puestos de trabajo  
*Jürgen Weller, Sonia Gontero y Susanna Campbell*
- 200 Financing of education and technical and vocational education and training (TVET) in Latin America and the Caribbean  
*Michael Hanni*
- 199 La identificación y anticipación de brechas de habilidades laborales en América Latina  
Experiencias y lecciones  
*Sonia Gontero y Sonia Albornoz*
- 198 Metodología para la construcción de un indicador adelantado de flujos de capitales para 14 países de América Latina  
*Pablo Carvalho, Cecilia Vera, Claudía de Camino y José Sánchez*