

La lucha contra el desempleo tecnológico. Análisis de casos subnacionales en México

**Enrique Cabrero Mendoza y
Miguel Adolfo Guajardo Mendoza**

Enrique Cabrero Mendoza

Doctor en Ciencias de la Gestión por la Escuela de Altos Estudios en Administración (HEC) de Francia y Maestro en Administración Pública por el Centro de Investigación y Docencia Económicas (CIDE) de México. Ha sido profesor visitante en diversas instituciones académicas como la École Normale Supérieure y HEC en Francia, la Universidad de Birmingham en Gran Bretaña y la Universidad Autónoma de Barcelona en España, entre otras. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel III. Escribió y editó más de 25 libros y más de una centena de artículos. Los principales temas que han motivado su investigación se centran en: políticas públicas, descentralización, federalismo, ciudades, y políticas de ciencia, tecnología e innovación. Es miembro de la Academia Mexicana de Ciencias y fue director general del CIDE y director general del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología en México. Actualmente es profesor e investigador en el CIDE.

Miguel Adolfo Guajardo Mendoza

Profesor e investigador del Colegio Mexiquense. Es economista por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Cursó la Maestría en Administración y Políticas Públicas en el Centro de Investigación y Docencia Económicas (CIDE). Obtuvo el grado de doctor en Políticas Públicas en la misma institución en 2013. Fue director adjunto de Planeación y Evaluación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) en México. Sus líneas de investigación son: políticas públicas para la innovación tecnológica, desempleo tecnológico e innovación disruptiva.

Las comunicaciones con los autores pueden dirigirse a:

E-mails: enrique.cabrero@cide.edu

mguajardo@cmq.edu.mx

La lucha contra el desempleo tecnológico. Análisis de casos subnacionales en México

Este trabajo estudia el riesgo por desempleo tecnológico en México, tanto a nivel nacional como en dos entidades federativas: Querétaro (QRO) y San Luis Potosí (SLP). Utilizando la metodología de Frey y Osborne (2013) adaptada al Sistema Nacional de Ocupaciones de INEGI, se encontró que tanto QRO (51%) como SLP (57%) están por debajo del promedio nacional (67%) de ocupados con alto riesgo por desempleo tecnológico. No obstante, la situación cambia al analizar algunos sectores estratégicos en QRO, como el alimentario con un promedio de desempleo del 84%, el automotriz con 75% y el de electrodomésticos con 92%. Lo mismo ocurre en SLP, donde el sector de alimentos alcanza un 95% y el automotriz un 93%. Por lo tanto, este fenómeno no puede ser analizado solo desde una perspectiva nacional o estatal, sino que también se requiere una mirada sectorial. Además, se encontró que en promedio la probabilidad de estar en alto riesgo de desempleo es superior para las mujeres, los grupos de edad más jóvenes, y las personas con menores niveles de estudios alcanzados. Finalmente, se identificó que para todos los sectores estudiados en las dos entidades federativas, la gran masa de personas en alto riesgo se encuentra en los segmentos de educación media. Esto podría interpretarse como una inminente polarización del empleo, que implicaría la concentración de los ocupados en los extremos, en términos de habilidades, con una gradual desaparición de los segmentos que se encuentran en la parte media. Queda abierta la pregunta: ¿Qué agenda de políticas públicas deben desplegar los países latinoamericanos en esta materia?

Palabras clave: Política de Empleo; Desempleo; Cambio Tecnológico; Automatización; Problema Nacional; Problema Local; Entidades Federales; Estudio de Casos; México

The Fight against Technological Unemployment. Analysis of Subnational Cases in Mexico

This paper studies the risk of technological unemployment in Mexico, both at the national level and in two states: Querétaro (QRO) and San Luis Potosí (SLP). Using the methodology of Frey and Osborne (2013) adapted to the INEGI's National Occupations System, it was found that both QRO (51%) and SLP (57%) are below the national average (67%) in terms of technological unemployment risk. However, the situation changes when analyzing some strategic sectors in QRO, such as food with an average unemployment rate of 84%, automotive with 75% and household appliances with 92%. The

Recibido: 22-11-2021. Aceptado: 24-02-2022.

same occurs in SLP, where the food sector reaches 95% and the automotive sector 93%. Therefore, this phenomenon cannot be analyzed only from a national or state perspective, a sectoral look is also required. In addition, it was found that the probability of being at high risk is higher for women, younger age groups, and people with lower levels of education on average. Finally, it was identified that for all the sectors studied, the great mass of people at high risk is found in the middle schooling segments. This could be interpreted as an imminent polarization of employment, which would imply the concentration of the employed at the extremes, in terms of skills, with a gradual disappearance of the segments in the middle. The question remains open: What public policy agenda should Latin American countries deploy in this area?

Key words: Employment Policy; Unemployment; Technological Change; Automation; National Problem; Local Problem; Federal Entities; Case Analysis; Mexico

“Nos aqueja una nueva enfermedad, de la que algunos lectores no han oído hablar todavía, pero de la que oirán mucho en los años venideros: desempleo tecnológico”.

J. M. Keynes (1939)¹.

Introducción

Hace 40 años Wildavsky, uno de los autores más reconocidos en el campo de las políticas públicas, afirmaba que las políticas se enfrentaban a un entorno turbulento en el que los parámetros cambiaban de forma cada vez más acelerada, por lo que las soluciones tradicionales creaban problemas futuros más rápido que la velocidad con la que resolvían los problemas presentes (Wildavsky, 1979: 70). Esta afirmación está más vigente que nunca, debido al entorno extremadamente cambiante que está configurando el cambio tecnológico disruptivo en todos los ámbitos de la sociedad. Este nuevo escenario tiene el potencial de multiplicar los problemas públicos, hacerlos más complejos, radicalizar las posturas de los actores interesados, e imponer desafíos inéditos a los gobiernos en todo el mundo.

La situación descrita se explica, en buena medida, por la presencia creciente de tecnologías con aplicaciones más transversales para producir efectos que se perciben a lo largo de todas las economías; en la literatura se les ha llamado *Tecnologías de Propósito General* (TPG) (Lipsey ...[et al], 1998: 43). También ha contribuido el surgimiento de

Las crisis destructivas de empleos que se anunciaban a cada paso del cambio tecnológico, no fueron crisis terminales sino más bien “crisis de ajuste”.

varias *Tecnologías Disruptivas* (TD) sustentadas en principios científicos diferentes a los que han predominado en las últimas décadas (Kostoff ...[et al], 2004). El resultado de la interacción entre los dos conjuntos es un escenario de acelerada diseminación tecnológica e incrementos en los riesgos de obsolescencia. Además, esta situación se exagera cuando se trata de tecnologías que están en la intersección entre los dos conjuntos que aquí se mencionarán como *Tecnologías Disruptivas Transversales* (TDT), es decir, tecnologías que generan un cambio radical en muchos sectores, en un lapso corto de tiempo.

El desempleo tecnológico, entendido como aquel que se genera como resultado de la modernización tecnológica de los sistemas de producción, ha sido una preocupación constante desde la revolución industrial. La oposición al reemplazo de hombres por máquinas fue notoria desde principios del siglo XIX cuando surgió el movimiento ludita, encabezado por artesanos ingleses que destruían telares industriales para no perder sus trabajos. No obstante, las crisis destructivas de empleos que se anunciaban a cada paso del cambio tecnológico, no fueron crisis terminales sino más bien “crisis de ajuste”. Al final, las personas conservaron un conjunto de tareas en las que demostraron ser más hábiles que las máquinas, como la toma de decisiones en las cadenas de producción, la motricidad fina, el diseño de nuevos procesos productivos, la creatividad, incluso -hablando de temas más recientes- el reconocimiento facial, y evidentemente la gestión de las emociones y convivencia social y cooperativa, por mencionar algunas².

Varios estudios han encontrado evidencia de que el cambio tecnológico ha permitido crear una nueva generación de empleos mejor pagados en el sector manufacturero, estrechamente relacionados con líneas de producción mecanizadas (Acemoglu y Autor, 2011). También se han generado más empleos en el sector de servicios, que en 2019 superó el 50% del total de empleos en el mundo³. Otros estudios encontraron que el empleo en trabajos de altos ingresos que demandan habilidades cognitivas no rutinarias creció, al mismo tiempo que aumentó el empleo en ocupaciones manuales, que requiere mano de obra poco calificada con ingresos bajos. Este proceso ha ido acompañado de una parcial desaparición de los trabajos rutinarios de ingresos medios. El resultado ha sido una polarización del empleo con una distribución del empleo en forma de U (Autor, 2014).

Sin embargo, en la actualidad las opciones para reocupar a los trabajadores podrían acotarse, por lo que es previsible que se aviven con gran fuerza los temores por el desempleo tecnológico.

Los éxitos de hoy pueden convertirse en los fracasos del mañana si no se diseñan e implementan políticas públicas para afrontar el desempleo tecnológico.

El abaratamiento y la interacción entre algunas TDT como la nanotecnología, la realidad aumentada, la manufactura aditiva, el internet de las cosas y la inteligencia artificial, está cambiando la naturaleza del desempleo tecnológico⁴. Cada vez existen menos habilidades en las que los humanos tienen una ventaja indiscutible. El viaje iniciado en la revolución industrial, en el que se empezó a sustituir músculos por máquinas, podría estar llegando al punto en el que se empiece a reemplazar las mentes por máquinas inteligentes. Para algunos, esto podría hacer que las personas sean más inempleables que desempleadas (Tegmark, 2018: 157).

El objetivo general de este artículo es llevar esta reflexión a México y a la escala regional, realizando una estimación del riesgo por desempleo tecnológico en dos regiones del país, los estados de Querétaro (QRO) y San Luis Potosí (SLP). Estas dos entidades federativas han tenido un desempeño económico sobresaliente en las últimas décadas, impulsadas por un notable crecimiento de sectores productivos como el automotriz, el aeronáutico, el de electrodomésticos y el de alimentos. El estudio de estos casos exitosos será útil para ejemplificar cómo los éxitos de hoy pueden convertirse en los fracasos del mañana si no se diseñan e implementan políticas públicas para afrontar el desempleo tecnológico. Este es un tema que seguramente ocupará buena parte de las preocupaciones de diseño e implementación de políticas públicas en el futuro muy cercano en países como México y otros latinoamericanos, y que ya es hoy una preocupación en la agenda de los países con altos niveles de desarrollo.

Para llevar a cabo este análisis hay diversos métodos posibles. Frey y Osborne (2013) proponen el análisis de actividades susceptibles de ser intervenidas por sistemas de cómputo y a partir del análisis de 702 ocupaciones llegan a la conclusión de que 47% de los trabajadores en Estados Unidos enfrentan un alto riesgo de desplazamiento. Elliott (2017), por su parte, plantea que un 62% de los trabajadores de la OCDE podrían ser desplazados. Deloitte (2014) llega a la conclusión que 35% de trabajadores en Reino Unido están en alto riesgo. Mientras que Arntz ...[et al] (2016) señalan que solo un 9% de trabajadores estadounidenses realmente está en alto riesgo de automatización. Su método es diferente de los anteriores, no trabaja sobre ocupaciones, sino sobre actividades que integran dichas ocupaciones. Esto da una muestra del amplio abanico de opciones metodológicas que se han generado para entender el riesgo de desempleo tecnológico⁵.

El fenómeno del desempleo tecnológico no puede analizarse únicamente desde una perspectiva nacional. Las regiones tienen vocaciones productivas distintas, e incluso cuando tienen sectores productivos comunes estos suelen tener grados de complejidad diferentes, lo cual hace que los riesgos por automatización también lo sean.

La metodología utilizada en este análisis para estimar los riesgos por desempleo tecnológico toma como referencia la distribución de probabilidades de sustitución tecnológica estimada por Frey y Osborne (2013) para 702 ocupaciones del Sistema de Clasificación de Ocupaciones O*-NET⁶. Para ello fue necesario asociar las ocupaciones provenientes de la SOC⁷ de 2010 con las tablas comparativas del INEGI⁸, para traducirlas al SINCO 2011⁹. El SINCO 2011 cuenta con 468 ocupaciones, de las cuales 421 tienen una estimación de probabilidad de sustitución tecnológica y 47 no contaron con tal información. En el análisis se consideró el sector alimentario y el automotriz para las dos entidades estudiadas; el sector aeroespacial y el de electrodomésticos de forma exclusiva para QRO; el sector de energía y el de logística solo para SLP.

Se encontró que tanto QRO (51%) como SLP (57%) están por debajo del promedio nacional (67%) de la población con alto riesgo por desempleo tecnológico. No obstante, la situación empeora dramáticamente cuando se analizan algunos sectores considerados estratégicos en QRO, como el de electrodomésticos (92%), el alimentario (84%) y el automotriz (75%). Lo mismo ocurre para algunos sectores estratégicos en SLP, como el de alimentos (95%) y el automotriz (93%). La primera conclusión es que en economías complejas el desempleo tecnológico no puede ser analizado solo desde una perspectiva nacional o estatal, sino que también se requiere una mirada sectorial. Otro resultado importante es que en promedio la probabilidad de estar en alto riesgo de desempleo tecnológico es superior para las mujeres, los grupos de edad más jóvenes, así como las personas con menores niveles de estudios alcanzados.

Finalmente, al calcular el porcentaje de ocupados en alto riesgo (POAR) para diferentes sectores de las dos entidades, se dibuja un escenario que parece ser el preludio de lo que Autor (2014) identificó que ocurrió en los Estados Unidos recientemente. La gran masa de personas en alto riesgo se encuentra en los segmentos de educación media. Esto podría interpretarse como una inminente polarización del empleo, un fenómeno que se caracterizaría por la concentración de los ocupados en los extremos, en términos de habilidades, con una gradual desaparición de los segmentos que se encuentran en la parte media.

Una de las conclusiones más importantes del artículo es que en México, así como en cualquier país con una economía diversificada, el fenómeno del desempleo tecnológico no puede analizarse únicamente desde una perspectiva nacional. Las regiones tienen vocaciones productivas distintas, e incluso cuando tienen sectores productivos comunes estos suelen tener grados de complejidad diferentes, lo cual hace que

los riesgos por automatización también lo sean. Por lo tanto, sería un error implementar políticas públicas nacionales que no consideren las importantes especificidades regionales o sectoriales. Se trata por tanto de un reto al diseño de políticas públicas diferenciadas.

Este artículo consta de cuatro secciones. En la primera se realiza una revisión de literatura. En la segunda se describe la metodología utilizada para estimar los riesgos de desempleo tecnológico en las dos entidades estudiadas para los seis sectores antes mencionados. La tercera expone los principales hallazgos por edad, sexo y escolaridad. Finalmente, se desarrollan algunas conclusiones y comentarios sobre los retos para construir una agenda de políticas públicas poco presente todavía en los países de la región.

1. Revisión de la literatura

Los problemas se presentan cuando alguna situación se aleja consistentemente de un escenario deseable. Las sociedades los experimentan todo el tiempo, y cuando dichos problemas se extienden ampliamente en los debates que se generan al interior de las instituciones públicas se convierten en “problemas públicos”, aunque no todos acaparan el mismo interés o generan el mismo malestar. La literatura académica coincide en que los problemas públicos tienen dos componentes, uno valorativo que se refiere a los criterios que permiten distinguir si algo es bueno o malo, y uno fáctico que tiene que ver con el conocimiento que se tiene sobre el problema (Bardach, 1981; Dewey, 1987; Aguilar, 1993; Gusfield, 2014; Alford y Head, 2017).

Algunos problemas han sido llamados *wicked problems* (Head, 2008: 102), es decir, problemas retorcidos, embrollados, malignos o tramposos. Estos tienen características compartidas: no tienen una solución definitiva ni un criterio para darlos por terminados; sus soluciones no son correctas ni falsas, sino buenas o malas; no se puede comprender de forma incremental; no tienen un conjunto claro de soluciones potenciales, además de que pueden ser la causa o consecuencia de otro problema (Rittel y Webber, 1973).

El desempleo tecnológico tiene las características de un *wicked problem*. Este fenómeno no puede resolverse de una vez por todas, porque siempre será atractivo incorporar más tecnología para aumentar la productividad, lo cual, inevitablemente, irá aumentando las presiones por sustituir trabajadores por máquinas. Por lo tanto, el problema nunca dejará de existir en un mundo de acelerada adopción tecnológica. El desafío será balancear la adopción de tecnología con

sus potenciales efectos en los mercados laborales, pero siempre habrá diferencias respecto a cuál de los dos componentes debe priorizarse. Al igual que ocurre con otros “problemas retorcidos” el desempleo tecnológico puede ser la causa de otros problemas, como el incremento en la pobreza, el deterioro en la salud de quienes pierden los ingresos necesarios para acceder a servicios de salud, el aumento en niveles de ansiedad o depresión en sociedades modernas. Pero también puede ser la consecuencia de otros problemas, como la existencia de sistemas educativos poco desarrollados, obsoletos, o inflexibles. En suma, se trata de un problema de alta complejidad que deberá ser abordado, de forma cautelosa, con una mezcla de políticas públicas capaz de afrontar sus múltiples causas de forma simultánea.

Hasta ahora ha operado de forma efectiva un mecanismo de compensación intersectorial que impidió que se produzca una crisis laboral generalizada. Los mercados laborales han mostrado que aún tienen la capacidad de reabsorber a los trabajadores que son desplazados por la incorporación de tecnología, normalmente reubicándolos en sectores menos sofisticados. Este proceso ha dejado huella, por ejemplo en Estados Unidos ha crecido tanto el empleo menos calificado como el más calificado, con una virtual desaparición de los empleos de calificaciones intermedias (Autor, 2014). Esto significa que las actividades laborales que demandan habilidades bajas siguen siendo un refugio para algunos de los desplazados por el cambio tecnológico. Esto es, porque este tipo de trabajos siguen siendo demasiado baratos, de tal forma que no es rentable automatizarlos. En el otro extremo están los empleos que demandan habilidades más complejas, que no han podido ser desempeñadas por las máquinas de forma satisfactoria, como el liderazgo, la empatía o las capacidades de comunicación. El riesgo es más notorio para los empleos que demandan habilidades intermedias, que no son tan baratos. Este es el caso del sector manufacturero que sobresale en las dos entidades que se estudian en este análisis. Es imposible saber con precisión si el mecanismo de reabsorción de empleados seguirá funcionando adecuadamente. Tampoco se sabe que pasará cuando deje de hacerlo. Es posible que este fenómeno se convierta en una forma de desempleo permanente, que incluso puede irse agravando en el tiempo, es decir, una modalidad de desempleo estructural con el que habrá que lidiar de forma perenne (Frey y Osborne, 2013; Pajarinen y Rouvinen, 2014; Bowles, 2014; Brzeski y Burk, 2015; Foster y Wilson, 2019; Frank y Frenette, 2020).

Se puede afirmar que el reto que la tecnología plantea hoy al empleo es diferente al que ocurrió durante el siglo pasado, porque los sectores productivos en los que las personas tenían ventajas respecto a las máquinas podrían estar desapareciendo.

Una particularidad de las estimaciones sobre reemplazo tecnológico que hicieron Frey y Osborne (2013) es que estudian lo que ocurriría si las máquinas reemplazaran a los humanos en tareas no rutinarias, sean cognitivas o manuales. Esto significa que va más allá de los planteamientos originales de Autor ...[et al] (2003), quien supone que las computadoras pueden sustituir solo a los trabajadores que realizan tareas cognitivas o manuales, es decir, que pueden ser realizadas siguiendo algunas reglas explícitas. Debido a que Frey y Osborne (2013) retoman las aplicaciones de inteligencia artificial son pocas las ocupaciones que pueden resistirse a la automatización en su análisis.

Para comprender mejor esta situación, es necesario recordar que en la década de los noventa empezó la llegada de las computadoras a las oficinas o centros de trabajo, porque se hicieron cada vez más baratas, fáciles de utilizar y con más capacidades. Cuando esto ocurrió se empezaron a reemplazar varias ocupaciones que antes eran desarrolladas por personas (Frey y Osborne, 2013: 14). Ciertamente, en esa etapa el reemplazo de personas por máquinas se redujo a las actividades rutinarias que podían explicitarse de forma completa en determinadas líneas de código. Algunos ejemplos de ocupaciones que han desaparecido son controladores de tráfico, algunas tareas contables, o los operadores telefónicos, por mencionar algunos ejemplos.

En ese momento la incorporación de computadoras no fue disruptiva en extremo en los mercados laborales, lo que ocurrió fue la polarización del empleo que el propio Autor (2014) ha documentado. Las personas altamente calificadas incrementaron sustancialmente sus ingresos, mientras que las menos calificadas encontraron refugio en sectores poco intensivos en tecnología, aunque con salarios menores. Sin embargo, este escenario ha cambiado radicalmente con la llegada de nuevas aplicaciones de inteligencia artificial, que tienen el potencial de automatizar tareas que antes eran consideradas no automatizables. Por ejemplo, ahora el sector servicios ya no es un campo vedado para las máquinas, dado que algunas tareas no rutinarias que requerían la improvisación, como la conducción de un automóvil o el diagnóstico de enfermedades, empiezan a ser desarrolladas por técnicas de *Machine Learning* de forma satisfactoria (Veres ...[et al], 2011).

En consecuencia, se puede afirmar que el reto que la tecnología plantea hoy al empleo es diferente al que ocurrió durante el siglo pasado, porque los sectores productivos en los que las personas tenían ventajas respecto a las máquinas podrían estar desapareciendo. Se considera que esta característica hace que el trabajo académico

de Frey y Osborne (2013) esté un paso adelante respecto a otra literatura que considera tecnologías menos sofisticadas, que solo son capaces de automatizar un conjunto acotado de tareas (Autor ...[et al], 2003; Goos y Manning, 2007; Autor y Dorn, 2013). Dado que los primeros consideran tecnologías más potentes, por ejemplo el *Machine Learning* que es una técnica en la que las propias máquinas pueden modificar su código e irse adaptando a situaciones inesperadas, es lógico que las estimaciones sobre desempleo tecnológico de estos autores arrojen cifras más elevadas que las de estudios anteriores. Esto es así, porque el supuesto que está detrás es el de un desplazamiento de hombres por máquinas que se produce a lo largo de toda la economía, en la que casi no quedan sectores capaces de reabsorber a las personas desocupadas.

Para su artículo seminal Frey y Osborne (2013) reunieron a un grupo de expertos que deliberaron sobre la posibilidad de que 70 ocupaciones pudieran ser desarrolladas por equipos controlados por computadoras de última generación. De esta forma lograron obtener valores de 0 o 1 para cada ocupación. Posteriormente, utilizaron un algoritmo de inteligencia artificial, que retoma un conjunto de variables descriptivas de la Red de Información Ocupacional de los Estados Unidos (O*NET), así como los 70 valores obtenidos en la primera fase del estudio, con lo cual pudieron estimar la probabilidad de sustitución tecnológica para 702 ocupaciones. A partir de esto calculan que 47% del total de los empleados de Estados Unidos se encuentran en alto riesgo, es decir, que podrían ser reemplazados tecnológicamente en una década o dos. También encontraron que el riesgo por reemplazo se encuentra inversamente relacionado con el grado de estudios, así como con los salarios.

Recientemente se han desarrollado otros estudios que han retomado esta metodología para obtener las probabilidades de reemplazo en otros países. Por ejemplo, se ha encontrado que los ocupados en alto riesgo están entre 45 - 60% en Europa (Bowles, 2014); 35% en Finlandia (Pajarinen y Rouvinen, 2014); 59% en Alemania (Brzeski y Burk, 2015); 63% para México (Minian y Monroy, 2018); 61.5% también para México (Cabrero ...[et al], 2020); 25% para Singapur (Fuei, 2017); 10.6% en Canadá (Frenette y Frank, 2020); 77% en China (Banco Mundial, 2016), así como 85% en Etiopía. En todos estos trabajos se encuentra que los riesgos incrementan entre las personas con menos estudios o con más ingresos, lo cual es consistente con los hallazgos del trabajo original. Sin embargo, no existen estudios que

apliquen esta metodología con un enfoque regional y sectorial de forma simultánea. Esta es la principal contribución de este artículo, se concentra en analizar las diferencias entre dos demarcaciones subnacionales que guardan similitudes en sus estructuras económicas orientadas al sector manufacturero. Sin embargo, encuentra que, a pesar de dichas similitudes, existen importantes diferencias en los riesgos por desempleo tecnológico, lo cual hace pensar que serán necesarias políticas públicas diferenciadas por región y por sector económico.

Una crítica importante al ejercicio de Frey y Osborne (2013) ha sido lo inconveniente de asumir una postura binaria respecto a la automatización de ocupaciones. Se considera incorrecto plantear que se pueden automatizar tareas completas en lugar de tareas específicas (Arntz ...[et al], 2016; Foster y Wilson, 2019; Frank y Frenette, 2020). Las críticas además señalan que no solo debe considerarse la factibilidad tecnológica para estimar la probabilidad de automatización del empleo, es decir, que sea posible no significa que necesariamente va a ocurrir. De hecho, estos autores han ajustado la metodología original, obteniendo resultados distintos. Por ejemplo, Arntz [et al] (2016) realizan una estimación de 9% de empleos en alto riesgo en los Estados Unidos (lejos del 47% obtenido por Frey y Osborne), 6% para Corea del Sur, y 12% en Australia. Foster y Wilson utilizaron esta misma metodología y estimaron que en Irlanda del Norte el 7% de los empleos se encuentran en alto riesgo por automatización.

Sin embargo, debe señalarse que Arntz ...[et al] (2016) no realizan sus estimaciones sobre automatización desde cero, sino que parten de las mismas probabilidades obtenidas en el artículo de Frey y Osborne (2013). Específicamente, relacionan estas probabilidades con la estructura de tareas obtenidas a partir de la encuesta a individuos del Programa para la Evaluación Internacional de las Competencias para Adultos¹⁰ (PIAAC por sus siglas en inglés) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). De esta forma buscan distinguir cómo los individuos al interior de una misma ocupación desarrollan tareas diferentes, que deberían tener probabilidades de automatización también distintas.

De hecho, es posible hacer una crítica al trabajo de Arntz ...[et al] (2016), porque los datos de la PIAAC solo están desagregados a dos dígitos, de acuerdo con los códigos del Estándar Internacional de la Clasificación de Ocupaciones (ISCO por sus siglas en inglés). Por lo

Cualquier ocupación podría ser ejecutada por máquinas si los cuellos de botella en programación son superados. Para que esto suceda, definen tres tipos de tareas en función de la programación que se requiere para su automatización: percepción y manipulación; inteligencia creativa; e inteligencia social.

que, en estricto sentido, es imposible hacer una asociación directa con las probabilidades obtenidas por Frey y Osborne (2013). La validez de los resultados de este trabajo depende, en última instancia, del método de imputación utilizado el cual finalmente arroja una probabilidad estimada de automatización por tarea.

Tanto las estimaciones de Frey y Osborne (2013) como las de Arntz ...[et al] (2016), deben ser leídas de forma cuidadosa, es un error considerarlas profecías infalibles. De hecho, las dos metodologías parten de supuestos que no necesariamente se presentarán en todas las situaciones estudiadas. En todo caso, el hecho de que una ocupación o una tarea pueda ser automatizada porque existe la tecnología para hacerlo, no implica que necesariamente esto ocurrirá. Se trata de un fenómeno multifactorial en el que convergen, además de la tecnología, factores económicos, sociales, e incluso políticos. Podría haber sociedades que decidan de forma consciente retrasar estos procesos por sus creencias o valores compartidos, por las agendas de sus actores políticos, o simplemente porque no consideran que sea rentable hacerlo. Debe ser claro que este estudio, como los que se han hecho hasta ahora, retoma solo uno de los múltiples factores que pueden incidir en el proceso de reemplazo de hombres por máquinas en los mercados laborales.

A pesar de las consideraciones anteriores, las probabilidades estimadas arrojan evidencia sobre los riesgos que habrá que enfrentar en el futuro próximo en los mercados laborales. Esta evidencia debe ser la materia prima a partir de la cual se empiecen a construir las propuestas de política pública que serán requeridas muy pronto a lo largo del planeta.

2. Metodología

Como se mencionaba al inicio de este texto, la metodología utilizada para estimar los riesgos por desempleo tecnológico toma como referencia la distribución de probabilidades de sustitución tecnológica estimada por Frey y Osborne (2013) para 702 ocupaciones del O*NET. Desde su perspectiva, cualquier ocupación podría ser ejecutada por máquinas si los cuellos de botella en programación son superados. Para que esto suceda, definen tres tipos de tareas en función de la programación que se requiere para su automatización: percepción y manipulación; inteligencia creativa; e inteligencia social.

El argumento indica que para tareas que impliquen destrezas en inteligencia social, la probabilidad de sustitución de un publirrelacionista es menor que la de un lavaplatos (que muy probablemente ya fue sustituido). O, en el caso de ocupaciones que impliquen creatividad, la probabilidad de sustitución tecnológica es menor para un diseñador de modas que para un mecanógrafo. Por último, en actividades que requieren habilidades de percepción y manipulación de objetos, la probabilidad de sustitución tecnológica es menor para un cirujano que para un vendedor telefónico. Los ejemplos retomados de los autores referidos señalan que las ocupaciones que implican una destreza mayor en esos tres tipos de tareas, por ahora son más complejas de programar; o que el conjunto de información de la cual un programa pudiera aprender y reconocer patrones, es todavía limitado en algunos casos (Cabrero, Carreón y Guajardo, 2020).

La metodología que siguieron Frey y Osborne (2013: 33) para estimar las probabilidades de sustitución tecnológica consistió en dos grandes fases:

1. Para 70 de las 702 ocupaciones a considerar preguntaron a expertos en *Machine Learning* si las tareas requeridas en cada una de esas ocupaciones podrían ser lo suficientemente específicas, condicionadas a la disponibilidad de *big data*, para ser realizadas por equipos controlados por computadora de última generación. Así, obtuvieron valores de 1 o 0, dependiendo de si los expertos concluían sí o no respectivamente.

2. Después, a través de un algoritmo de Inteligencia Artificial, utilizando un conjunto de variables descriptivas del O*NET, y los 70 valores obtenidos en la primera fase, estimaron la probabilidad de sustitución tecnológica para las 702 ocupaciones mencionadas.

A partir de ello, Weller, Gontero y Campell (2019) han utilizado las estimaciones de Frey y Osborne para el ámbito latinoamericano, ajustando el racional del modelo a la realidad de los mercados laborales de esta región. Según su aproximación los sectores de baja productividad no se verían afectados por los cambios tecnológicos al mismo ritmo que los de media o alta productividad, por lo que los aíslan del análisis; es decir, les otorgan probabilidad cero de riesgo de sustitución tecnológica. Así, de 62% de probabilidad con el método de Frey y Osborne, se estima que solo 24% estaría en riesgo de sustitución tecnológica, sobreviviendo los empleos de

peor calidad (Weller ...[et al], 2019: 7). Además, estos autores hacen un análisis por categorías como sexo, educación, edad y ramas de actividad encontrando que, en promedio para 12 países de América Latina, existe mayor proporción de mujeres ocupadas en riesgo alto (44.9%) que de hombres (41.5%) (Weller ...[et al], 2019: 37). Los autores también encontraron que para México en particular, el porcentaje de mujeres ocupadas en alto riesgo también supera al de los hombres.

Asimismo, la proporción de ocupados en sectores de productividad alta y media que tienen un nivel educativo alto y presentan un alto riesgo, es menor a la de aquellos que tienen un nivel educativo bajo (Weller ...[et al], 2019: 39). También, se destaca que la proporción de ocupados en sectores de productividad alta y media en el grupo de 15 a 29 años, presentan riesgo mayor que aquellos de los grupos de edad de 30 en adelante (Weller ...[et al], 2019: 45). Por último, los rubros de agricultura y de restaurantes y hoteles son los que cuentan con mayor proporción de ocupaciones con nivel alto de riesgo de sustitución, tanto para hombres como para mujeres, con alrededor de 50% de ocupaciones en riesgo (Weller ...[et al], 2019: 50).

Por otro lado, Minian y Monroy (2018) aplicaron la distribución de probabilidades de Frey y Osborne para el caso de México enfocándose en el sector manufacturas. Destacan que el 63% del empleo total en México, en el tercer trimestre de 2016, estuvo categorizado en el nivel de riesgo alto (Minian y Monroy, 2018: 37). Según los mismos autores la industria alimentaria tenía un riesgo alto (65%), ascendiendo a 1.178.845 ocupados, mientras que la industria de fabricación de prendas y accesorios de vestir presentó un riesgo de 87%, ascendiendo a 531.598 ocupados. Estas dos industrias son las de mayor participación de ocupados en el sector manufacturero (Minian y Monroy, 2018: 38).

Como se mencionó antes, en el estudio de Frey y Osborne se estimó la probabilidad de sustitución tecnológica para 702 casos. Por otro lado, el SINCO 2011 (sistema de clasificación para México) cuenta con 468 ocupaciones, de las cuales 421 tienen una estimación de probabilidad de sustitución tecnológica y 47 no cuentan con tal información. Para el caso del sector alimentos se consideraron aquellas ocupaciones asociadas a las actividades económicas de agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza, así como de servicios

de hospedaje y preparación de alimentos y bebidas del SCIAN. Para los sectores aeroespacial, automotriz y electrodomésticos, se consideraron aquellas ocupaciones cuyas descripciones en SINCO 2011 y SOC 2010 se asociaban a los mismos. Por último, para la construcción de las distribuciones de ocupados según el nivel de riesgo de automatización y su interacción con las distintas variables de análisis, se utilizaron los microdatos del Segundo Trimestre 2019 de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), asociándole las probabilidades de la primera parte del ejercicio.

Si bien el abordaje de Frey y Osborne (2013) permite estimar la probabilidad de que una ocupación pueda ser automatizada, así como asociar la distribución de probabilidad estimada para ser adaptada a distintos países, no proporciona un horizonte de temporalidad en el cual esto ocurrirá. Esto es reconocido por los autores al expresar que tal automatización podría darse en una década o dos (Frey y Osborne, 2013: 41), sin especificar un número concreto de años para que la automatización se materialice para cada ocupación o grupo de ellas. Lo que se podría inferir en términos de tiempo de automatización, está asociado al tamaño de la probabilidad estimada. Es decir, entre más cercana a 1 la probabilidad de automatización de una ocupación específica, se esperaría que se automatizara más rápidamente que una ocupación con una probabilidad cercana a 0.

Con base en las estimaciones de Frey y Osborne (2013) se calculan dos indicadores con los datos sobre el número de empleados que se encuentran en el alto, mediano o bajo riesgo de automatización.

El primero es la “Probabilidad de estar en Alto Riesgo” (PAR) según la pertenencia a alguna de las subcategorías consideradas (Cuadro 1): sexo, edad, y años de escolaridad. Cada una de estas categorías tiene algunas subcategorías asociadas, por ejemplo, para sexo se tiene la opción de mujer u hombre. Para el cálculo del PAR se divide el número de ocupados en alto riesgo que son mujeres (A en el Cuadro 1) entre la suma de ocupados en alto, mediano y bajo riesgo (A+B+C en el Cuadro 1). Como se mencionó, el resultado puede interpretarse como la probabilidad de que una mujer esté en alto riesgo de desempleo tecnológico. La misma operación se repite para cada una de las subcategorías analizadas.

Cuadro 1
Explicación del método de cálculo del indicador PAR

Riesgo	(% por sexo)		(% por edad)				(% por años de escolaridad)		
	M	H	15 a 24	25 a 44	45 a 64	Más de 65	Hasta 7	8 a 14	15 a 21
Alto	A								
Medio	B								
Bajo	C								
Total	A+B+C								

Fuente: elaboración propia.

El segundo indicador es el “Porcentaje de Ocupados en Alto Riesgo” (POAR) por unidad de análisis. Por ejemplo, para calcular el POAR de mujeres que se encuentran en alto riesgo a nivel nacional, se divide la cantidad de ocupadas en esta situación (A) entre la suma de hombres, así como de mujeres en alto riesgo (A+B) (ver Cuadro 2). Para este indicador será determinante la distribución de la población para cada una de las subcategorías analizadas, por lo que será útil para identificar los segmentos de población que serán más afectados en términos absolutos.

Cuadro 2
Explicación del método de cálculo del indicador POAR

Unidad de análisis	(% por sexo)			(% por edad)					(% por años de escolaridad)			
	M	H	Total	15 a 24	25 a 44	45 a 64	Más de 65	Total	Hasta 7	8 a 14	15 a 21	Total
Nacional	A	B	A+B									
QRO												
SLP												
QRO - Alim												

Fuente: elaboración propia.

3. Principales hallazgos

El Cuadro 3 muestra la distribución de la Población Económicamente Activa (PEA) al segundo trimestre 2019, según datos de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE). La PEA contempla a todos los habitantes en edad laboral que trabajan en un empleo remunerado (población ocupada) o se halla en

Se observa que, en promedio, la probabilidad de estar en alto riesgo es superior para las mujeres, grupos de edad más jóvenes, así como para las personas con menores niveles de escolaridad.

búsqueda de empleo (población desocupada). De la población total de QRO el 54% (856.609 habitantes) es económicamente activa, mientras que en SLP la PEA representa 58% de total de la población (1.256.031 habitantes). A nivel nacional la PEA representa 45% del total de la población (57.3 millones de habitantes). Por su parte, la distribución de la PEA entre población ocupada y desocupada es prácticamente la misma tanto para las dos entidades como a nivel nacional.

Cuadro 3
Distribución de la PEA según ocupación en Querétaro, San Luis Potosí y a nivel nacional (en %)

	PEA _{QRO}	PEA _{SLP}	Nacional
Población ocupada	95%	98%	97%
Población desocupada	5%	2%	3%

Fuente: elaboración propia con información del segundo trimestre 2019 de la ENOE.

3.1 Resultados sobre la Probabilidad de Alto Riesgo (PAR)

El Cuadro 4 presenta los resultados del PAR para distintos sectores, de acuerdo con sexo, edad y escolaridad de los ocupados. En primer lugar, se observa que, en promedio, la probabilidad de estar en alto riesgo es superior para las mujeres, grupos de edad más jóvenes, así como para las personas con menores niveles de escolaridad.

Cuadro 4
Resultados del PAR para distintas unidades de análisis

	Riesgo Alto de Automatización								
	(%) por sexo		(%) por edad				(%) por años de escolaridad		
	M	H	15 a 24	25 a 44	45 a 64	Más de 65	Hasta 7	8 a 14	15 a 21
Nacional	67%	54%	75%	59%	57%	61%	71%	66%	34%
QRO	51%	62%	72%	55%	53%	58%	69%	67%	25%
SLP	57%	71%	78%	63%	62%	73%	78%	71%	33%
QRO - Alim	87%	79%	84%	81%	85%	93%	87%	87%	43%
QRO - Auto	99%	69%	85%	75%	67%	77%	66%	82%	38%
SLP - Alim	94%	95%	96%	95%	93%	97%	97%	95%	70%
SLP - Auto	92%	100%	74%	100%	93%	100%	100%	93%	82%
QRO - Elect	97%	88%	100%	87%	96%	0%	100%	98%	25%
QRO - Aero	12%	5%	11%	10%	10%	100%	0%	21.7%	6.4%
SLP - Ener	69%	25%	42%	37%	27%	0%	100%	46%	21%
SLP - Log	63%	66%	77%	72%	54%	23%	71%	71%	32%
Promedio	72%	65%	72%	67%	63%	62%	76%	73%	37%

Fuente: elaboración propia.

Los resultados por sexo son similares a los encontrados para México por Weller ...[et al] (2019). No obstante, para otras economías esto dependerá de la distribución de ocupados en sectores de baja productividad por sexo, por ejemplo, en el mismo estudio se encuentra que en Brasil, Chile, Ecuador y Guatemala tienen resultados opuestos, en los que los hombres tienen riesgo más alto. Los resultados para los niveles de escolaridad también son consistentes con lo encontrado por Weller ...[et al] (2019) para América Latina, quienes afirman que el riesgo de perder el empleo por la automatización es más elevado para personas con un nivel educativo bajo-medio. No obstante, el Cuadro 4 evidencia que existen ciertos sectores (automotriz y alimentario) en los que el riesgo cae menos cuando aumenta la escolaridad, que en otros en los que un mayor nivel educativo disminuye claramente el riesgo de automatización (aeroespacial, electrodoméstico, energético y logístico). Esto refleja que estos últimos sectores son más intensivos en mano de obra calificada que los primeros, por ello se premia a la educación con menores riesgos.

Existe también una coincidencia casi completa en el análisis por la edad respecto al estudio que se retoma como referencia (Weller ...[et al], 2019), pues se encuentra que el grupo más joven es el que tiene la mayor proporción de empleos de alto riesgo de sustitución tecnológica. No obstante, para el sector de alimentos, así como el automotriz, las diferencias de riesgo entre los diferentes grupos de edad son mínimas. Destaca que en el sector automotriz de SLP el grupo de edad con más riesgo no son los más jóvenes, sino el grupo de 25 a 44 años. Esto sugiere que estos sectores se encuentran en alto riesgo más allá de los grupos de edad considerados.

3.2 Resultados sobre el Porcentaje de Ocupados en Alto Riesgo (POAR)

Al analizar los primeros datos del Cuadro 5 se observa que QRO se encuentra por debajo de la media nacional en el POAR, mientras que SLP está en una posición cercana a esta cifra. Si se retoman las altas cifras de algunos estados utilizados como referencia de contraste, tales como Chiapas, Oaxaca o Zacatecas, las dos entidades analizadas parecieran tener menos presión por instrumentar alguna acción para anticiparse a este problema. Sin embargo, la situación empeora dramáticamente cuando se analiza el POAR para ciertos sectores en QRO: alimentario (84%), automotriz (75%)

En economías complejas el desempleo tecnológico no puede ser analizado solo desde una perspectiva nacional o estatal, también se requiere una mirada sectorial para comprender en dónde se encuentran los potenciales riesgos o las oportunidades.

y electrodomésticos (92%). Lo mismo ocurre para algunos sectores de SLP: alimentos (95%) y automotriz (93%). Cabe mencionar que dichos sectores son considerados entre los estratégicos para la economía de ambas entidades.

Para otros sectores de las dos entidades federativas analizadas, la situación es menos complicada. Particularmente, para el sector aeroespacial de QRO (10%), el de energía de SLP (31%), así como el de Logística de SLP (66%). Invariablemente de la explicación por la cual algunos sectores tienen menos ocupados en riesgo que otros, se puede extraer una conclusión contundente de estas cifras: en economías complejas el desempleo tecnológico no puede ser analizado solo desde una perspectiva nacional o estatal, también se requiere una mirada sectorial para comprender en dónde se encuentran los potenciales riesgos o las oportunidades.

Cuadro 5
Comparación del POAR entre distintos niveles de análisis

	Ocupados en alto riesgo de desempleo tecnológico (%)
Nacional	62%
Chiapas	70%
Oaxaca	70%
Zacatecas	68.5%
QRO	57%
SLP	66%
QRO - Alim	84%
QRO - Auto	75%
SLP - Alim	95%
SLP - Auto	93%
QRO - Elect	92%
QRO - Aero	10%
SLP - Ener	31%
SLP - Log	66%

Fuente: elaboración propia con información del segundo trimestre 2019 de la ENOE.

El Cuadro 6 evidencia que, en términos absolutos, existe una cantidad mayor de hombres que de mujeres en situación de alto riesgo de automatización. También muestra que el rango de edad en el que se concentra la mayor cantidad de personas en alto riesgo es en el de 25 a 44 años, seguido por el de 45 a 64. Por último, cuando se consideran los años de escolaridad, la subcategoría de análisis que

sobresale es la de 8 a 14 años, que son personas con preparatoria terminada o carrera técnica. En cambio, el porcentaje es mucho más bajo para las personas con carrera profesional (11%).

Cuadro 6
Resultados del POAR para distintas unidades de análisis

	Riesgo Alto de Automatización								
	(%) por sexo		(%) por edad				(%) por años de escolaridad		
	M	H	15 a 24	25 a 44	45 a 64	Más de 65	Hasta 7	8 a 14	15 a 21
Nacional	35.1%	64.9%	19.8%	45.2%	30.5%	4.5%	29.0%	59.8%	11.2%
QRO	38.7%	61.3%	20.2%	48.8%	27.3%	3.7%	22.5%	67.3%	10.2%
SLP	32.8%	67.2%	22.4%	40.6%	28.8%	8.2%	29.7%	61.5%	8.8%
QRO - Alim	35.3%	64.7%	18.7%	38.4%	32.3%	10.5%	39.4%	57.0%	3.6%
QRO - Auto	26.0%	74.0%	25.4%	47.0%	26.3%	1.4%	12.1%	82.4%	5.5%
SLP - Alim	28.6%	71.4%	18.9%	32.0%	33.1%	16.0%	45.4%	52.0%	2.6%
SLP - Auto	4.5%	95.5%	14.7%	49.4%	32.8%	3.1%	17.7%	69.9%	12.3%
QRO - Elect	42.7%	57.3%	16.6%	51.3%	32.2%	0.0%	12.0%	85.5%	2.5%
QRO - Aero	11.3%	88.7%	11.3%	64.0%	21.1%	3.5%	0.0%	55.2%	44.8%
SLP - Ener	29.4%	70.6%	12.8%	31.5%	55.7%	0.0%	0.0%	84.7%	15.3%
SLP - Log	5.7%	94.3%	18.2%	55.4%	25.4%	1.0%	20.0%	74.0%	6.0%
Promedio	26.4%	73.6%	18.1%	45.8%	31.4%	4.7%	20.7%	68.1%	11.2%

Fuente: elaboración propia.

Es interesante mencionar que el Cuadro 6 dibuja un escenario que parece ser el preludio de lo que Autor (2014) identificó que ocurrió en los Estados Unidos recientemente. La gran masa de personas en alto riesgo se encuentra en los segmentos de escolaridad media. Esto podría interpretarse como una inminente polarización del empleo, un fenómeno que se caracterizaría por la concentración de los ocupados en los extremos, en términos de habilidades, con una gradual desaparición de los segmentos que se encuentran en la parte media.

Conclusiones

Es claro que el desempleo tecnológico es un *problema público de alta complejidad* que hay que ir enfrentando con políticas públicas nacionales, regionales y sectoriales cuidadosamente diseñadas. Se trata de un reto urgente en la agenda de políticas. Los avances tecnológicos del siglo XXI obligan a los gobiernos a instrumentar políticas públicas basadas en evidencia, a nivel de los efectos que tales avances pueden provocar en la economía de cada región y particularmente los efectos en diversos grupos de la población¹¹.

Los efectos de la automatización dependen de la calidad de los sistemas educativos de un país o de una región, y particularmente los países en desarrollo pueden enfrentar los efectos de la automatización fortaleciendo el sistema educativo, mejorando su calidad y su adaptación a las nuevas necesidades de los sectores productivos.

Además, las economías serán más vulnerables dado que la decisión de automatizar ciertas plantas industriales no siempre viene acompañada de la decisión de mantenerse en la misma localización. Es decir, cuando la ventaja de costo de mano de obra calificada barata se pierde como ventaja competitiva en el escenario de automatización de plantas, cada empresa se replanteará la decisión de mantenerse en el mismo lugar o aprovechar a relocalizar las plantas en otra región, en otro país, o incluso en regresar al país de origen. Esto implica que las regiones deber ser capaces no solo de lidiar con los efectos sociales derivados del desempleo tecnológico, sino también de ofrecer otras ventajas competitivas a las empresas en proceso de automatización para que decidan permanecer en la localidad. Estos dilemas se palpan claramente en el caso de las dos entidades mexicanas estudiadas, Querétaro y San Luis Potosí, que han sido regiones capaces de atraer inversiones importantes y han venido evolucionando favorablemente para hacer más complejas y diversificadas sus economías. Ahora deberán enfrentar los riesgos previstos con políticas públicas oportunas, de tal manera que puedan evitar los riesgos no solo de desempleo tecnológico, sino de retención de las plantas manufactureras que se han instalado en las últimas décadas.

Son diversas las reflexiones y estrategias que van surgiendo para enfrentar los efectos del desempleo tecnológico y retener las inversiones pese a la automatización. Kattan, Macdonald y Patrinos (2018) demuestran en un estudio que “la educación es el remedio para la automatización”. Según estos autores los efectos de la automatización dependen de la calidad de los sistemas educativos de un país o de una región, y particularmente los países en desarrollo pueden enfrentar los efectos de la automatización fortaleciendo el sistema educativo, mejorando su calidad y su adaptación a las nuevas necesidades de los sectores productivos.

En este sentido, Cárdenas y Ruelas (2018) hacen un interesante recuento de estrategias que algunos países están adoptando con el fin de crear habilidades que se requieren para fortalecer el capital humano. Mencionan el caso de Singapur, que promovió un *Consejo de Habilidades Futuras* para afinar las estrategias de formación; se refieren al surgimiento del *Consejo Sectorial* en India, también como una instancia preocupada por desarrollar habilidades para las industrias del futuro; también hacen mención a los casos de Suiza, Alemania y Arabia Saudita, que se han preocupado por estrategias de *especialización vocacional* para disminuir los desfases entre oferta y demanda de capital humano.

Estos casos muestran el diseño de políticas públicas nacionales y regionales para contener los efectos no deseados del desempleo tecnológico. En ese mismo sentido, la CEPAL (2016) insiste en que para enfrentar la amenaza del cambio tecnológico acelerado, se requiere mejorar la cobertura y calidad de los servicios de internet, fortalecer el desarrollo de la banda ancha, y ampliar la penetración de las TIC en los grupos más vulnerables y excluidos de la sociedad. Cárdenas y Ruelas (2018) enfatizan de igual manera que el “aprendizaje a lo largo de toda la vida” se considera urgente para ampliar las habilidades de las personas frente al cambio tecnológico, y refieren a Brynjolfsson y McAfee (2014) quienes remarcan que “el reto es lograr que las personas sean capaces de utilizar la tecnología para crear y capturar valor”.

De no enfocarse de forma urgente en mejorar y adaptar los sistemas educativos para acrecentar significativamente la calidad en la formación de la oferta laboral, y que esa misma oferta incentive a las empresas a permanecer en la localidad para intensificar sus estrategias de innovación y adopción del cambio tecnológico, el costo del desempleo puede ser muy grave en los próximos años para países como México, además de existir el riesgo de una posible deslocalización de plantas industriales que hasta ahora han sido el motor del desarrollo en varias regiones del país. Como afirman Brynjolfsson y McAfee (2014) “nunca ha habido un peor momento para ser un trabajador con cualificaciones y habilidades ‘ordinarias’ que ofrecer”. Es por ello que el despliegue de una agenda de políticas públicas que contrarresten dichos efectos y aprovechen las oportunidades del cambio tecnológico deben surgir ahora, al menos en regiones de México en caso de que la agenda nacional no reaccione con oportunidad. El proyecto de investigación del cual deriva este análisis se aboca ahora a entender el repertorio de políticas públicas que deberán ser implementadas en estos países para contener los efectos contraintuitivos del avance tecnológico y aprovechar las oportunidades de estar en sintonía con el mismo.

El dilema es claro, como afirman Stiglitz y Greenwald (2014): se irán decantando sociedades y regiones exitosas que logren un “equilibrio de alto aprendizaje” en el que la educación y los procesos de innovación serán cruciales y, se añade, en las que esos componentes serán la guía en el diseño de políticas públicas. Por otra parte, sociedades y regiones que quedarán atrapadas en un “equilibrio de bajo aprendizaje” con fracasos recurrentes, obsolescencia en aumento y desempleo creciente. Por ello urge caminar hacia una agenda de políticas públicas de lucha y contención del desempleo tecnológico.

Notas

(1) Cita tomada de: Cárdenas y Ruelas (2018).

(2) Al respecto, la lista de autores que discuten sobre esta evolución del riesgo del desplazamiento del hombre por la máquina es larga. Solo por mencionar algunos: Keynes (1939) mencionaba el riesgo de “un descubrimiento que sobrepasa el ritmo con el que podemos encontrar nuevos empleos para la fuerza de trabajo disponible”; Acemoglu (2002) hace referencia a la evolución histórica de dicho desplazamiento, pasando del *skill-replacing* durante el siglo XIX al *skill-based* durante el siglo XX y hasta al *skill-complementary technologies* que caracteriza el siglo XXI; en este sentido, Cárdenas y Ruelas (2018) insisten que innovaciones tecnológicas más recientes pueden incluso desplazar personas con una trayectoria de estudios más amplia y no solo a los individuos con bajo nivel de estudios alcanzados, esto es discutido ampliamente en su texto donde se plantean varias posiciones al respecto.

(3) La información puede ser consultada en el portal de estadísticas del Banco Mundial (<https://data.worldbank.org/indicator/SL.SRV.EMPL.ZS>).

(4) Una breve explicación de las tecnologías disruptivas puede verse en Cabrero, Carreón y Guajardo (2020).

(5) Cabe mencionar que, además de las referencias anteriores, Kattan, Macdonald y Patrinos (2018) mencionan también los estudios de Chang, Rynhart y Huynh (2016) que establecen el riesgo de desempleo tecnológico en Tailandia en 44% y en Vietnam de 70%. En el mismo sentido, Aboal y Zunino (2017) muestran que dos tercios de las ocupaciones están en riesgo en Argentina y Uruguay. De igual forma, analizando once países latinoamericanos, el Banco Mundial (2016) llega a la conclusión de que el 67% de sus empleos están en riesgo de automatización.

(6) La Red de Información Ocupacional (O*NET) es un sistema basado en la Clasificación Ocupacional Estándar (SOC). Las empresas, las instituciones de formación y educación, las organizaciones laborales y ocupacionales, y las asociaciones profesionales pueden utilizar el proceso de clasificación ocupacional para determinar si un título de trabajo o una especialidad ocupacional está reconocida dentro del sistema O*NET-SOC y el mercado laboral de Estados Unidos (puede consultarse en: <https://www.onetonline.org/>).

(7) El sistema de Clasificación Ocupacional Estándar (SOC) de 2018 es un estándar estadístico federal utilizado por las agencias de Estados Unidos para clasificar a los trabajadores en categorías ocupacionales con el fin de recopilar, calcular o difundir datos. Todos los trabajadores se clasifican en una de las 867 ocupaciones detalladas de acuerdo con su definición ocupacional. Para facilitar la clasificación, las ocupaciones detalladas se combinan para formar 459 ocupaciones amplias, 98 grupos menores y 23 grupos principales.

(8) Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Organismo oficial de la estadística en México.

(9) El Sistema Nacional de Clasificación de Ocupaciones (SINCO) permite ordenar las ocupaciones que desarrolla la población en México, así como generar información estadística estandarizada que contribuya a un mejor conocimiento del mercado laboral y facilite la integralidad de las políticas públicas de fomento al empleo (INEGI, 2011).

(10) La información sobre el Programa para la Evaluación Internacional de las Competencias para Adultos puede consultarse en: Sobre la evaluación de competencias de adultos (PIAAC) - OECD, en <https://www.oecd.org/skills/evaluaciones-de-competencias/evaluaciondecompetenciasdeadultospiaac.htm>.

(11) De acuerdo con la Federación Internacional de Robótica (IFR, por sus siglas en inglés), en 2018 había un ejército de 1,63 millones de robots funcionando en todo el planeta.

Bibliografía

- Aboal, D. y Zunino, G. (2017), "Innovación y habilidades en América Latina", en *Revista Integración y Comercio*, Vol. 21 N° 42, pp. 42-57, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6174359>.
- Acemoglu, D. (2002), "Technical Change, Inequality, and the Labour Market", en *Journal of Economic Literature*, Vol. 40 N° 1, pp. 7-72, <http://doi.10.1257/0022051026976>.
- Acemoglu, D. y Autor, D. (2011), "Skills, Tasks, and Technologies: Implications for Employment and Earnings", en *Handbook of Labor Economics*, Vol. 4, pp. 1043-1171, [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(11\)02410-5](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(11)02410-5).
- Aguilar, L. (comp.) (1993), *Problemas públicos y agenda de gobierno*, México, Porrúa.
- Alford, J. y Head, B. W. (2017), "Wicked and Less Wicked Problems: a Typology and a Contingency Framework", en *Policy and Society*, Vol. 36 N° 3, pp. 397-413, <https://doi.org/10.1080/14494035.2017.1361634>.
- Arntz, M.; Gregory, T.; y Zierahn, U. (2016), "The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: a Comparative Analysis", Paris, OECD (OECD Social, Employment and Migration Working Papers; N° 189), <http://dx.doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en>.
- Autor, D. H. (2014), "Polanyi's Paradox and the Shape of Employment Growth", Cambridge, National Bureau of Economic Research (Working Paper; N° 20485), <http://doi.10.3386/w20485>.
- _____ (2015), "¿Por qué hay aún tantos empleos? La historia y el futuro de la automatización en los centros de trabajo", en *Profesiones en riesgo*, Sergio Cárdenas e Ignacio Ruelas (eds.), México, Centro de Cooperación Regional para la Educación de Adultos en América Latina y el Caribe.
- Autor, D. H. y Dorn, D. (2013), "The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market", en *American Economic Review*, Vol. 103 N° 5, pp. 1553-1597.
- Autor, D. H.; Levy, F.; y Murnane, R. J. (2003), "The Skill Content of Recent Technological Change: an Empirical Exploration", en *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 118 N° 4, pp. 1279-1333.
- Banco Mundial (2016), *World Development Report 2016: Digital Dividends*, Washington, Banco Mundial, <http://bit.do/WDR2016-Fig2-24>.

- Bardach, E. (1981), "On Representing the Public Interest", en *Ethics*, Vol. 91 N° 3, pp. 486-490.
- Bowles, J. (2014), "The Computerization of European Jobs", en *Bruegel*, Brussels, June 24, <https://www.bruegel.org/2014/07/the-computerisation-of-european-jobs/>.
- Brynjolfsson, E. y McAfee, A. (2014), *The Second Machine Age: Work, Progress and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, New York, W. W. Norton.
- Brzeski, C. y Burk, I. (2015), "Die Roboter kommen: Folgen der Automatisierung für den Deutschen Arbeitsmarkt", en *ING DiBa Economic Research*, N° 30, pp. 1-7.
- Cabrero, E.; Carreón, V.; y Guajardo, M. (2020), *México frente a la sociedad del conocimiento: la difícil transición*, México, Siglo XXI Editores; Centro de Investigación y Docencia Económicas.
- Cárdenas, S. y Ruelas, I. (eds.) (2018), *Profesiones en riesgo*, México, Centro de Cooperación Regional para la Educación de Adultos en América Latina y el Caribe.
- CEPAL (2015), Estructura de la población ocupada por sector de actividad económica, según sexo y área geográfica, Santiago, CEPAL (CEPALSTAT. Bases de Datos y Publicaciones Estadísticas).
- _____ (2016), *Estado de la banda ancha en América Latina y el Caribe 2016*, Santiago, CEPAL; Cooperación Alemana.
- Chang, J. H.; Rynhart, G.; y Huynh, P. (2016), *ASEAN in Transformation: Textiles, Clothing and Footwear: Refashioning the Future*, Geneva, ILO. Bureau for Employer's Activities (Working Paper; N° 14).
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (2014), Agendas estatales de innovación, México, CONACYT, <https://www.agendasinnovacion.org>.
- Deloitte (2014), "Agiletown: the Relentless March of Technology and London's Response", en *Deloitte*, London, November, <https://www2.deloitte.com/uk/en/pages/growth/articles/agiletown-the-relentless-march-of-technology-and-londons-response.html>.
- Dewey, J. (1987), *The Public and its Problems*, New York, Holt Publisher.
- Elliott, S. (2017), *Educational Research and Innovation: Computers and the Future of Skill Demand*, Paris, OECD Publishing, <https://doi.org/10.1787/9789264284395-en>.
- Foster, S. y Wilson, L. (2019), "The Future of Work: the Impact of Automation Technologies for Employment in Northern Ireland", Dublin, Nevin Economic Research Institute (NERI Working Paper Series; N° 59).
- Frank, K. y Frenette, M. (2020), *Automation, Workers and COVID-19*, Ottawa, Statistics Canada, <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/45-28-0001/2020001/article/00033-eng.htm>.

- Frenette, M. y Frank, K. (2020), "Automation and Job Transformation in Canada: Who's at Risk?", Ottawa, Statistics Canada (Analytical Studies Branch Research Paper Series; N° 448), <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/11f0019m/11f0019m2020011-eng.htm>.
- Frey, C. B. y Osborne, M. (2013), "The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation", Oxford, University of Oxford. Oxford Martin School. Oxford Martin Programme on Technology and Employment (Working Paper).
- Fuei, L. K. (2017), "Automation, Computerization and Future Employment in Singapore", en *Journal of Southeast Asian Economies*, Vol. 34 N° 2, pp. 388-399.
- Goos, M. y Manning, A. (2007), "Lousy and Lovely Jobs: the Rising Polarization of Work in Britain", en *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 89 N° 1, pp. 118-133.
- Guba, E. (ed.) (1990), *The Paradigm Dialog*, Newbury Park, Sage Publications.
- Gusfield, J. R. (2014), *La cultura de los problemas públicos: el mito del conductor alcoholizado versus la sociedad inocente*, Buenos Aires, Siglo Veintiuno Editores.
- Haas, Peter M. (2001), "Epistemic Communities and Policy Knowledge", en *Encyclopedia of Social and Behavioral Sciences*, New York, Elsevier, pp. 11578-11586.
- Head, B. W. (2008), "Wicked Problems in Public Policy", en *Public Policy*, Vol. 3 N° 2, pp. 101-118.
- _____ (2019), "Forty Years of Wicked Problems Literature: Forging Closer Links to Policy Studies", en *Policy and Society*, Vol. 38 N° 2, pp. 180-197, <https://doi.org/10.1080/14494035.2018.1488797>.
- Hecló, H. y King, A. (1978), "Issue Networks and the Executive Establishment", en *Public Administration: Concepts Cases*, N° 413, pp. 46-57.
- INEGI (2011), *Sistema nacional de clasificación de ocupaciones*, Aguas Calientes, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Kattan, R. B.; Macdonald, K.; y Patrinos, H. A. (2018), "Automatización y resultados del mercado laboral. El papel fundamental de la educación de alta calidad", en *Profesiones en riesgo*, S. Cárdenas e I. Ruelas (eds.), México, Centro de Cooperación Regional para la Educación de Adultos en América Latina y el Caribe.
- Keynes, J. (1930) "Economic Possibilities for Our Grandchildren", en *Essays in Persuasion*, J. Keynes, New York, W. W. Norton, pp. 358-373.
- Kingdon, John W. (1995), *Agendas, Alternatives and Public Policies*, New York, Harper Collins.
- Kostoff, R. N.; Boylan, R.; y Simons, G. R. (2004), "Disruptive Technology Roadmaps", en *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 71 Nos. 1-2, pp. 141-159.

- Lipsey, R. G.; Bekar, C.; y Carlaw, K. (1998), "What Requires Explanation?", en *General Purpose Technologies and Economic Growth*, E. Helpman (ed.), Cambridge, The MIT Press, pp. 15-54.
- Luhmann, N. (1999), "El conocimiento como construcción", en *Teoría de los sistemas sociales II*, México, Universidad Iberoamericana (Colección Teoría Social), pp. 69-89.
- Minian, I. y Monroy, A. (2018), "El impacto de las nuevas tecnologías en el empleo en México", en *Problemas del Desarrollo: Revista Latinoamericana de Economía*, Vol. 49 N° 195, pp. 27-53.
- Moore, M. H. (1976), "Anatomy of the Heroin Problem: an Exercise in Problem Definition", en *Policy Analysis*, Vol. 2 N° 4, pp. 639-662.
- OCDE (2016), *Skills Matter: Further Results from the Survey of Adult Skills*, Paris, OCDE.
- Pajarinen, M. y Rouvinen, P. (2014), "Computerization Threatens One Third of Finnish Employment", en *ETLA Brief*, N° 22, pp. 1-6.
- Rittel, H. W. J. y Webber, M. M. (1973), "Dilemmas in a General Theory of Planning", en *Policy Sciences*, Vol. 4 N° 2, pp. 155-169.
- Stiglitz, J. E. y Greenwald, B. (2014), *Creating a Learning Society*, New York, Columbia University Press.
- Tegmark, M. (2018), *Vida 3.0: qué significa ser humano en la era de la inteligencia artificial*, Madrid, Taurus.
- Termeer, C. J. y Dewulf, A. (2019), "A Small Wins Framework to Overcome the Evaluation Paradox of Governing Wicked Problems", en *Policy and Society*, Vol. 38 N° 2, pp. 298-314, <https://doi.org/10.1080/14494035.2018.1497933>.
- Veres, S. M.; Molnar, L.; Lincoln, N. K; y Morice, C. P. (2011), "Autonomous Vehicle Control Systems: a Review of Decision Making. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I", en *Journal of Systems and Control Engineering*, Vol. 225 N° 2, pp. 155-195.
- Weick, K. E. (1984), "Small Wins: Redefining the Scale of Social Problems", en *American Psychologist*, Vol. 39 N° 1, pp. 40-49.
- Weller, J.; Gontero S.; y Campbell S. (2019), "Cambio tecnológico y empleo: una perspectiva latinoamericana. Riesgos de la sustitución tecnológica del trabajo humano y desafíos de la generación de nuevos puestos de trabajo", Santiago, CEPAL (Serie Macroeconomía del Desarrollo; N° 201).
- Wildavsky, A. B. (1979), *Speaking Truth to Power: the Art and Craft of Policy Analysis*, Boston, Little-Brown.