

Estimación de los riesgos de sustitución tecnológica en ciudades mexicanas

Estimation of technological substitution risks in Mexican cities

Miguel Adolfo Guajardo Mendoza

Enviado: 24 de abril de 2023

Aceptado: 06 de junio de 2023

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es estimar los riesgos por sustitución tecnológica en las 32 ciudades mexicanas contenidas en la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE). Para ello, se retoma la metodología de Frey y Osborne (2013) que permite clasificar la totalidad de ocupados en tres categorías de riesgo: alto, mediano y bajo. Los principales hallazgos son que las primeras cinco ciudades de la lista con más ocupados en alto riesgo por sustitución tecnológica son: Tlaxcala (65%), Reynosa (62%), Ciudad Juárez (61%), Saltillo (59%), así como Toluca (58%). Por su parte, las ciudades con menor porcentaje son: Villahermosa (50%), Pachuca (50%), Tapachula (51%), La Paz (51%) y Campeche (51%). Además, se identificó que Tuxtla Gutiérrez (4%) y Cancún (3%) experimentaron los incrementos más importantes, mientras que las que tuvieron los decrementos más grandes fueron: Querétaro (-5%), , Puebla (-3%), León (-3%) y Chihuahua (-3%).

PALABRAS CLAVE: Automatización tecnológica, desempleo tecnológico, automatización en ciudades, cambio tecnológico, sustitución tecnológica.

ABSTRACT

The objective of this work is to estimate the risks due to technological substitution in the 32 Mexican cities contained in the National Survey of Occupation and Employment (ENOE). For this, the methodology of Frey and Osborne (2013) is used, which allows classifying all the employed into three risk categories: high, medium and low. The main findings are that the first five cities on the list with the highest percentage of employed in high risk of technological substitution are: Tlaxcala (65%), Reynosa (62%), Ciudad Juárez (61%), Saltillo (59%), as well as Toluca (58%). %. For their part, the cities with the lowest percentage are: Villahermosa (50%), Pachuca (50%), Tapachula (51%), La Paz (51%) and Campeche (51%). In addition, it was identified that Tuxtla Gutiérrez (4%) and Cancún (3%) experienced the largest increases, while those with the largest decreases were: Querétaro (-5%), Puebla (-3%), León (-3%) and Chihuahua (-3%).

KEYWORDS: Technological automation, technological unemployment, automation in cities, technological change, technological substitution.



INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo es estimar los riesgos por sustitución tecnológica en las 32 ciudades mexicanas contenidas en la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE). Para ello, se retoma la metodología de Frey y Osborne (2013) que permite clasificar la totalidad de ocupados en tres categorías de riesgo: alto, mediano y bajo. Esta metodología identifica los ocupados que pueden ser sustituidos por sistemas mecánicos e inteligentes, desde una perspectiva tecnológica, sin embargo, esto no significa que esta situación haya ocurrido o que se tenga certeza de cuándo sucederá. Lo anterior, se debe a que la decisión de automatizar una ocupación también obedece a otros factores, uno de los más importantes es el costo de hacerlo, en comparación con el costo de seguir contratando mano de obra.

Para obtener información desagregada a nivel de ciudades este artículo parte de la siguiente pregunta central: ¿cuál es la proporción de los ocupados en alto riesgo de sustitución tecnológica en 39 ciudades mexicanas? Se considera que esto es una aportación original a la literatura sobre el tema pues no se tiene conocimiento de algún otro estudio de este tipo que retome a las ciudades como unidad de análisis. El fenómeno de la sustitución tecnológica ha sido poco estudiado en México, usualmente desde una perspectiva nacional (Aguilera y Ramos Barrera, 2016; Minian y Monroy, 2018; Cabrero et al., 2020). No obstante, se han realizado algunos esfuerzos para analizar el fenómeno en entidades federativas (Cabrero y Guajardo, 2023). Sin embargo, en este artículo se sostiene que la unidad de análisis más adecuada para estudiar los riesgos de sustitución tecnológica son las ciudades, pues en estas generan prácticamente todas las actividades productivas del país (Díaz, 2022).

Además, cuando se obtienen estimaciones para las entidades federativas se podrían estar dejando de lado diferencias importantes entre ciudades, incluso cuando estas se encuentran en un mismo estado. Por ejemplo, una de estas ciudades podría tener un sector automotriz sofisticado, que ocupa un eslabón cercano a las labores de diseño e ingeniería, mientras que, en otra ciudad, el mismo sector podría aglutinar empresas enteramente dedicadas a labores de armado. Se esperaría que en la primera ciudad hubiera un alto porcentaje de ocupados en bajo riesgo de sustitución, mientras que los de la segunda tendrían porcentajes altos de ocupados en alto riesgo. No obstante, las estimaciones estatales, presentarían resultados agregados que no necesariamente reflejarían esta información de forma precisa.

Se encontró que las primeras cinco ciudades de la lista con más porcentaje de ocupados en alto riesgo por sustitución tecnológica son: Tlaxcala (65%), Reynosa (62%), Ciudad Juárez (61%), Saltillo (59%), así como Toluca (58%). Por su parte, las ciudades con menor porcentaje son: Villahermosa (50%), Pachuca (50%), Tapachula (51%), La Paz (51%) y Campeche (51%). Además, se identificó que Tuxtla Gutiérrez (4%) y Cancún (3%) experimentaron los incrementos más importantes, mientras que las que tuvieron los decrementos más grandes fueron: Querétaro (-5%), Puebla (-3%), León (-3%) y Chihuahua (-3%).

Es importante, recordar que otros estudios han usado la misma metodología para obtener estimaciones sobre los ocupados según el nivel de riesgo de sustitución tecnológica, sobre todo a nivel nacional. Es pertinente recordar estas cifras para tener un punto de referencia contra el cual contrastar las estimaciones que aquí se han encontrado. Por ejemplo, en Singapur el porcentaje de ocupados en alto riesgo encontrado fue de 25% (Fuei, 2017), en Finlandia 35% (Pajarinen

y Rouvinen, 2014), en México 63% (Minian y Monroy, 2020), en China 77% (Banco Mundial 2016), mientras que en Etiopía fue de 85% (Millington, 2017).

El presente trabajo es el punto de partida de una agenda de investigación que busca comprender los efectos de las tecnologías de automatización en el empleo en las ciudades mexicanas. Para futuros trabajos será necesario ir más allá del riesgo e integrar una base de datos que permita estimar los impactos que estas tecnologías están teniendo en el empleo, así como en los salarios. No obstante, es algo que no es posible realizar con la información que está disponible de forma pública hasta este momento. Es importante señalar que la sustitución tecnológica no es un problema público por sí mismo, sino que se convierte en uno cuando la persona reemplazada no logra reubicarse en algún otro empleo o enfrenta grandes costos de transacción para hacerlo. Esto último se intensificará a medida que se aceleren los procesos de incorporación de tecnología para la automatización a lo largo de toda la economía.

El artículo está dividido en cuatro secciones, la primera contiene una revisión de la literatura, la segunda una descripción de la metodología utilizada, la cuarta los principales resultados obtenidos, mientras que en la quinta se plantean las conclusiones e ideas principales que contribuyen con la discusión sobre el tema.

Revisión de literatura

El reemplazo de personas por máquinas ha sido un fenómeno presente a lo largo de la historia de la humanidad en los últimos siglos, acompañado por episodios de incertidumbre entre segmentos importantes de la sociedad (Mokyr, 1992; Mokyr et al., 2015).

Por ejemplo, el movimiento Ludita aglutinó a artesanos ingleses en el siglo XIX, quienes destruían telares de algodón, o máquinas trilladoras, en protesta por los empleos que estaba perdiendo. Sin embargo, hasta ahora no ha ocurrido un episodio de reemplazo masivo de personas, ni el empleo ha dejado de existir, aunque las personas desplazadas si han sufrido efectos negativos, pues su reubicación en otros trabajos no ha sido automática, ni en las mismas condiciones que originalmente tenían.

Este fenómeno tiene el potencial de generar problemas que ameritan su estudio desde ahora, especialmente para anticipar los problemas, así como las políticas públicas que serán necesarias para afrontarlos conforme se agudicen. Por ejemplo, es previsible que, si México se retrasa en la incorporación de tecnologías de automatización respecto al resto del mundo, su economía será cada vez menos productiva respecto a las naciones más adelantadas, este rezago impactará negativamente en el bienestar de sus habitantes. Por otro lado, a medida que los procesos de automatización apresuren el paso se aceleraría la sustitución de algunos trabajadores, quienes quedarían al margen de los beneficios generados por el cambio tecnológico (Acemoglu et al., 2020). Se trata de un sistema de problemas enredados o como se ha llamado en la literatura especializada un “wicked problem” (Head y Alford, 2015) que es necesario comprender antes de que se manifieste de forma más contundente. Quienes son sustituidos por sistemas de automatización suelen emplearse en sectores con poca penetración de tecnología (Acemoglu et al., 2020), sin embargo, este mecanismo de reabsorción no está exento de dificultades, pues la reubicación implica costos de transacción para los trabajadores, como la obtención de información sobre vacantes o el desplazamiento a otro tipo de trabajos e incluso a otras regiones.

Aun cuando este mecanismo funcione adecuadamente, el incremento en la oferta de trabajadores en los sectores con poca penetración tecnológica, es decir de los desplazados, podría desencadenar otro problema importante, pues los salarios tenderían a ir a la baja, lo cual empobrecería segmentos crecientes de la sociedad (Acemoglu y Restrepo, 2017; 2018; 2019; 2020).

Otro posible problema es la potencial obsolescencia de los sistemas educativos formales, los cuales no están preparados para generar capital humano capaz de colaborar con sistemas de automatización fortalecidos con algoritmos de inteligencia artificial. Al menos en México, dichos sistemas educativos están pensados para transmitir conocimientos o habilidades que pueden ser emulados por estos sistemas, pero deja de lado el fomento del pensamiento creativo, el pensamiento crítico, así como las capacidades de organización, habilidades blandas que podrían ser el refugio de los trabajadores en el futuro. No se sugiere que se deba abandonar la enseñanza del currículo tradicional, que aún es deficiente en nuestro país, pero sí que debe ser complementada urgentemente.

Podría pensarse que esta situación no afectará a un país como México, en el que no existen los niveles de adopción de tecnologías de automatización que tienen los países desarrollados. Sin embargo, el informe *World Robotics 2020 Industrial Robots* señala que en 2019 México ocupó el noveno lugar mundial en la instalación de robots industriales, con 40,300 unidades. Esta cifra es casi 3 veces mayor que la de Brasil, el único país que lo supera en América Latina por el tamaño de su economía, lo cual tiene sentido porque recientemente México ha fomentado un modelo de desarrollo económico basado en la industria, especialmente, en la automotriz que es tan propensa a incorporar este tipo de tecnología.

La literatura académica que aborda los efectos de la tecnología en el empleo está agrupada en, por lo menos, cinco grandes grupos. El primero contiene las discusiones iniciales sobre el desempleo tecnológico entre las que se encuentran las ideas de economistas clásicos, para los cuáles se trataba de un fenómeno temporal que los propios mercados podían ajustar en el largo plazo (Smith, 1776; Ricardo, 1821, Wicksell, 1934). Para este grupo de pensadores la estrategia a seguir para afrontar este fenómeno es facilitar el funcionamiento eficiente de los mercados laborales, impidiendo rigideces artificiales, como los salarios mínimos, que evitaran el reacomodo de las personas desplazadas en otros sectores productivos.

En el segundo grupo de literatura se encuentran los trabajos inscritos en el modelo de tareas de Autor et al (2003, 2002), que supone que la tecnología puede sustituir únicamente a ciertas tareas cognitivas o manuales que son predecibles, es decir, que siguen ciertas reglas específicas. En este conjunto se inscriben algunos trabajos que han documentado la polarización del empleo, es decir, la disminución de trabajadores de tareas rutinarias con competencias intermedias, los cuales se han concentrado en trabajos que demandan altas o bajas competencias. Estas dos últimas categorías de trabajadores son difíciles de reemplazar porque, en el caso de los primeros, realizan actividades que no se pueden sustituir aun, o en el caso de los segundos, son tan baratos que no es rentable hacerlo (Goos y Manning, 2002; Autor, 2003; Acemoglu y Autor, 2011; Autor, 2014).

Por su parte, el tercer grupo de literatura se ha concentrado en estimar el efecto neto del cambio tecnológico en los mercados laborales (Aghion y Howitt, 1994; Bloom et al., 2018; Acemoglu y Restrepo, 2017; Acemoglu y Restrepo, 2019; Acemoglu et al., 2020).

De acuerdo con estos autores el efecto neto es la diferencia que resulta al restar el “efecto capitalización” al “efecto sustitución”. El primer efecto es el incremento en productividad que se genera por la incorporación de las nuevas tecnologías de automatización, mientras que el segundo es la sustitución de trabajadores.

Existe un cuarto grupo de literatura que se ha concentrado en analizar los posibles efectos de la sustitución tecnológica en países en desarrollo. Una parte importante de esta literatura ha minimizado los potenciales riesgos que enfrentan los habitantes de estos países, debido al bajo nivel de penetración tecnológica que tienen (Millington, 2017; Islam, 2018; Adamczyk, 2019). Aunque también existen otros trabajos que han alertado sobre la posibilidad de que se experimente un fenómeno de sustitución en algunos sectores productivos, especialmente, en los que están relacionados con cadenas productivas globales (Cabrero et al, 2020; Cabrero y Guajardo; 2023). El último grupo de literatura considerado es el que realiza estimaciones sobre el porcentaje de ocupados que se encuentran en diferentes niveles de riesgo por sustitución tecnológica, los principales exponentes de esta literatura son Frey y Osborne (2013). No obstante, existen otros trabajos que han replicado la metodología de estos autores en diferentes partes del mundo (Pajarinen y Rouvinen, 2014; Bowles, 2014; Brzeski y Burk, 2015; Banco Mundial, 2016; Minian y Monroy, 2018; Cabrero et al., 2020).

El presente artículo se enmarca en el último grupo de literatura señalado en el párrafo anterior, pues busca estimar los porcentajes de ocupados en alto, mediano, y bajo riesgo, para 32 ciudades mexicanas. Es el punto de partida para analizar otras de las hipótesis de Frey y Osborne (2013) en dichas ciudades, así como para comprender, en futuras investigaciones, si han existido cambios en dichos niveles de riesgo e intentar explicarlas.

Metodología

De acuerdo con Frey y Osborne (2013) la capacidad de los programadores de escribir código para resolver problemas específicos, así como la cantidad y calidad de datos disponibles para caracterizar esos problemas y probar el desempeño de los algoritmos generados, entre otros aspectos, determinan la amplitud de tareas que una computadora puede o no realizar. Por otro lado, estas tienen ventajas comparativas respecto de los humanos en el desarrollo de actividades, tales como: escalabilidad, eliminación de sesgos y enfoque en actividades específicas por periodos prolongados de tiempo.

En la tabla 1 se muestran cuatro tipos de tareas que pueden ser realizadas por humanos y computadoras en términos de ser manuales o cognitivas, y rutinarias o no rutinarias. También, se considera que las actividades cognitivas y no rutinarias son más complejas que las manuales y rutinarias, y que, por lo tanto, requieren mayor destreza por parte de los programadores para escribir el código requerido y una mayor cantidad y calidad de datos para probar la eficacia de los algoritmos desarrollados (Frey y Osborne, 2013).

Tabla 1.
Tipos de tareas realizadas por humanos y computadoras

Tareas manuales y rutinarias	Tareas manuales y no rutinarias
Tareas cognitivas y rutinarias	Tareas cognitivas y no rutinarias

Fuente: Elaboración propia con información de Frey y Osborne, 2013

Por otro lado, en la tabla 2 se muestran tres cuellos de botella que los programadores enfrentan para escribir código de tareas no rutinarias, tanto cognitivas como manuales. El primero se asocia con la capacidad del hardware de percibir la realidad en ambientes de trabajo no estructurados, así como la correspondiente manipulación de objetos irregulares, es decir funciones manuales y no rutinarias. El segundo, con la facultad del software de generar ideas nuevas en distintos ámbitos de la vida humana, pero también de valor, una tarea cognitiva y no rutinaria. Y, por último, la habilidad de la computadora de entablar una conversación, y construir una respuesta apropiada considerando incluso el estado de ánimo de la contraparte humana.

Tabla 2.
Cuellos de botella en programación

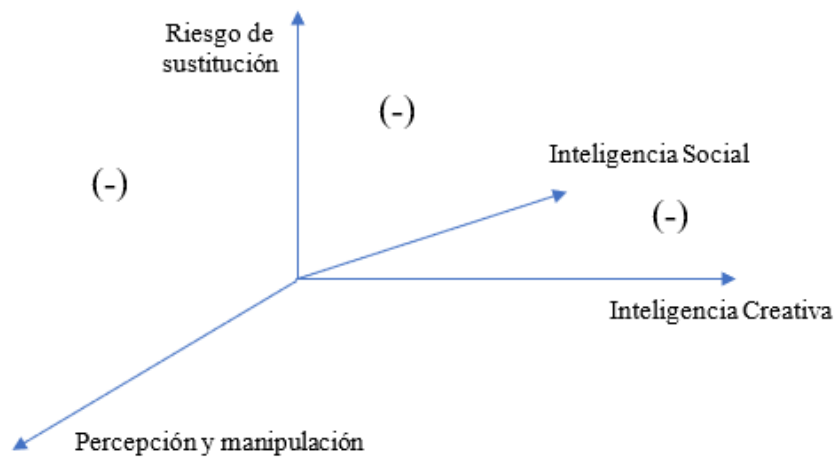
Cuello de botella	Situación compleja	Tipo de tarea
Percepción y manipulación	Ambiente de trabajo no estructurado y manejo de objetos	Manual y no rutinaria
Inteligencia creativa	Generación de ideas y arte	Cognitiva y no rutinaria
Inteligencia social	Interactuar de manera inteligente	Cognitiva y no rutinaria

Fuente: Elaboración propia con información de Frey y Osborne, 2013

Contemplando que una combinación de tareas rutinarias y no rutinarias, así como de funciones manuales y cognitivas, esta corre mayor riesgo de ser sustituida por una computadora en la medida que los programadores resuelvan los cuellos de botella que las situaciones complejas de la vida real les presentan. Entonces, el riesgo de una ocupación laboral específica de ser sustituida por una computadora, podría caracterizarse por el nivel de complejidad de los cuellos de botella de las tareas que la componen, tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$p_i = f(PM_{ij}, IC_{ij}, IS_{ij}) \forall i \in 1, \dots, I \text{ y } j \in 1, \dots, J$$

Donde p_i es la probabilidad de la ocupación “i” de ser sustituida por una computadora, PM_{ij} , IC_{ij} , IS_{ij} son el grado en el que los cuellos de botella de percepción y manipulación, inteligencia creativa e inteligencia social, respectivamente, afectan a la tarea “j” de la ocupación “i”. Se esperaría que, a magnitudes mayores de cualquiera de estos tres elementos para cada tarea “j”, p_i sea menor (ver Figura 1).

Figura 1.*Relación funcional del riesgo de sustitución tecnológica y cuellos de botella*

Fuente: Elaboración propia

Para estimar la probabilidad de que una ocupación sea sustituida por computadoras en el EDOMEX, se asociaron las 702 ocupaciones del artículo seminal de Frey y Osborne que cuentan con una probabilidad de riesgo de sustitución, con las ocupaciones de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) para el cuarto trimestre 2021.

Para esto, se utilizaron las tablas comparativas SOC-SINCO del INEGI, que relacionan una a una las ocupaciones del sistema americano de clasificación (SOC), con las del mexicano (SINCO). Así, de las 468 ocupaciones del sistema mexicano de clasificación, 421 sí tienen una estimación de probabilidad de sustitución tecnológica y 47 no contaron con tal información.

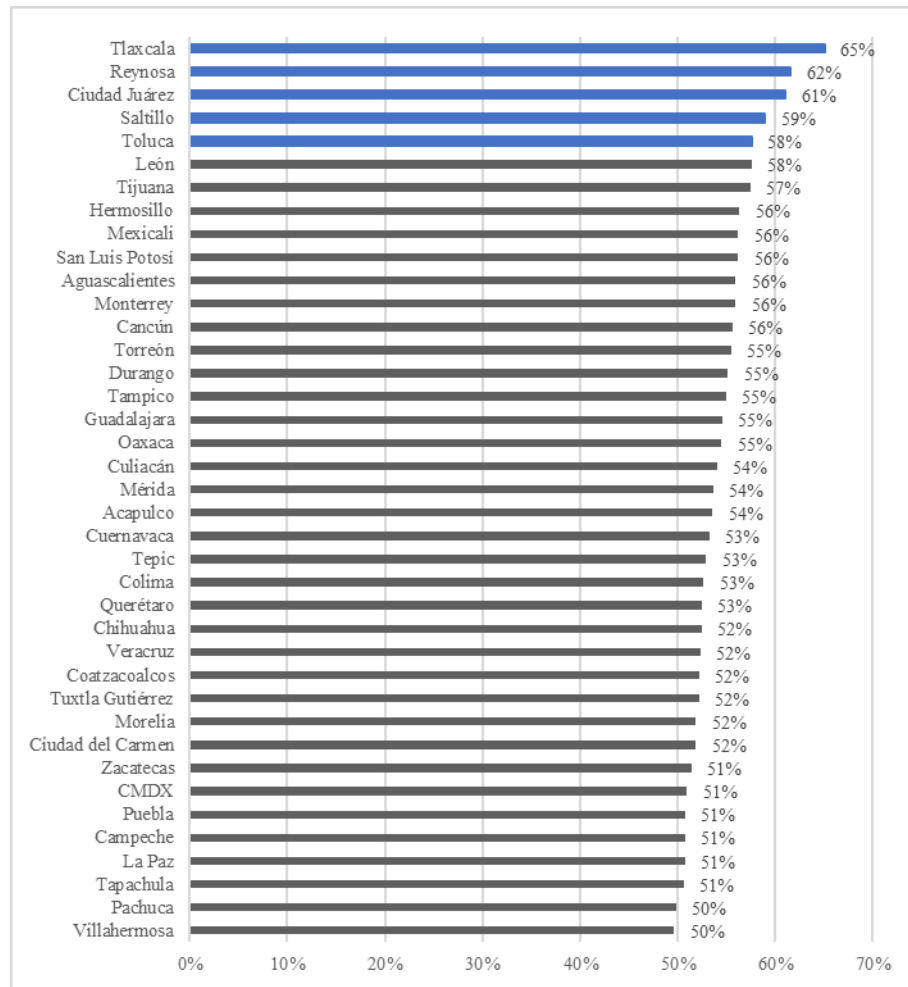
El Trabajo de Frey y Osborne ha tenido críticas por su postura dicotómica en torno a la probabilidad de automatizar ocupaciones completas (Arntz et al., 2016; Foster y Wilson; 2019; Frank y Frenette; 2020). El argumento es que no se pueden automatizar ocupaciones sino tareas específicas, de hecho, se afirma que cuando algunas tareas no pueden ser automatizadas se generan “cuellos de botella” que podrían impedir que se automatice una ocupación completa (Arntz et al., 2016). Por lo tanto, los resultados obtenidos deben ser interpretados de forma cuidadosa, no se obtienen porcentajes de personas que se automatizarán en algún plazo definido de tiempo con certeza. Sino ocupaciones que tienen un riesgo determinado de automatización, es decir, se trata de una probabilidad que podría materializarse técnicamente si se resuelven los “cuellos de botella” mencionados. Además, es importante mencionar que las estimaciones sobre automatización basadas en tareas también están fundamentadas en las probabilidades obtenidas a partir del trabajo de Frey y Osborne (2013). Dichas probabilidades son asociadas con la estructura de tareas de la encuesta a individuos del Programa para la Evaluación Internacional de las Competencias para Adultos (PIAAC) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Sin embargo, los datos del PIAAC no tienen la suficiente desagregación para hacer una asociación directa con los códigos del Estándar Internacional de la Clasificación de Ocupaciones (ISCO). Por lo tanto, los argumentos en contra de la metodología utilizada en este trabajo dependen de las estrategias de asociación utilizadas, por lo que no ofrecen una alternativa robusta a la que se retoma en este artículo.

Principales resultados

La Gráfica 1 muestra a las 39 ciudades estudiadas en orden descendente de acuerdo con el porcentaje de ocupados que tienen en riesgo alto de sustitución para el cuarto trimestre de 2021. Las primeras cinco de esta lista son: Tlaxcala (65%), Reynosa (62%), Ciudad Juárez (61%), Saltillo (59%), así como Toluca (58%). En contraste, las ciudades con menor porcentaje son: Villahermosa (50%), Pachuca (50%), Tapachula (51%), La Paz (51%) y Campeche (51%).

Gráfica 1.

Porcentaje de ocupados en alto riesgo de automatización, para el cuarto trimestre de 2021

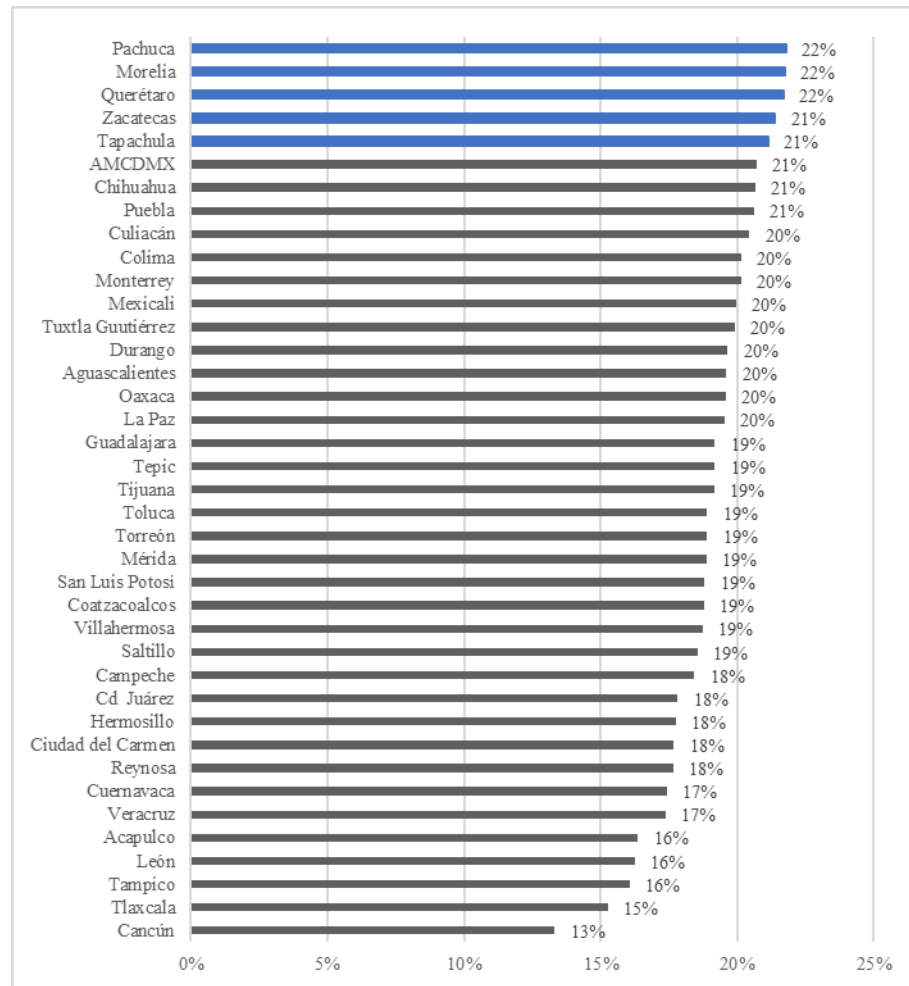


Fuente: Elaboración propia con información del cuarto trimestre 2021 de la ENOE

En la Gráfica 2 se tienen de nuevo todas las ciudades estudiadas, pero ahora ordenadas de forma descendente según el porcentaje de ocupados que tienen en bajo riesgo de sustitución tecnológica, para el segundo trimestre de 2022. Las ciudades que encabezan la lista son Pachuca (22%), Morelia (22%), Querétaro (22%), Zacatecas (21%) y Tapachula (21%). En contraste, las ciudades que están en los últimos cinco lugares son: Acapulco (16%), León (16%), Tampico (16%), Tlaxcala (15%) y Cancún (13%).

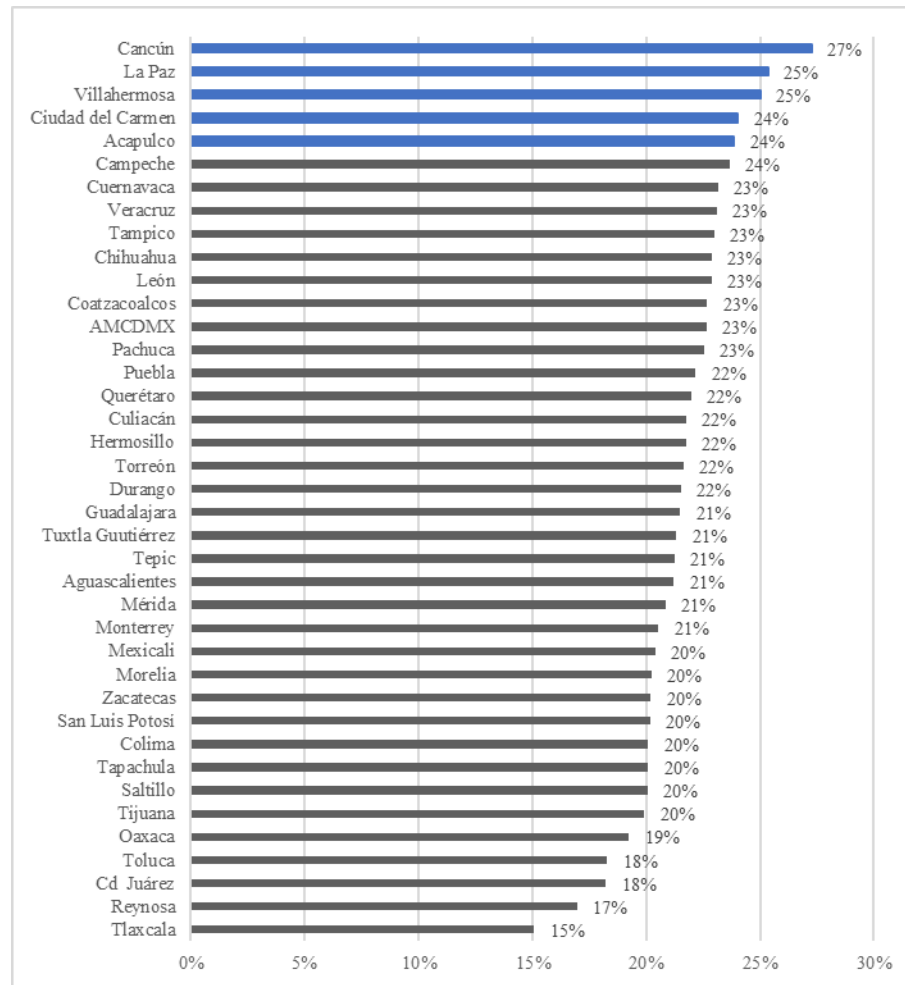
Gráfica 2.

Porcentaje de ocupados en riesgo bajo de automatización, para el segundo trimestre de 2022



Fuente: Elaboración propia con información del cuarto trimestre 2021 de la ENOE

Del mismo modo, la Gráfica 3 muestra las ciudades con un mayor porcentaje de ocupados en riesgo medio de automatización, esto para el mismo periodo de estudio que en las dos gráficas anteriores. Se observa que los primeros cinco lugares están ocupados por: Cancún (27%), La Paz (25%), Villa Hermosa (25%), Ciudad del Carmen (24%), así como Acapulco (24%). Por su parte, las ciudades con menor porcentaje son: Oaxaca (16%), Toluca (16%), Ciudad Juárez (16%), Reynosa (15%) y Tlaxcala (13%).

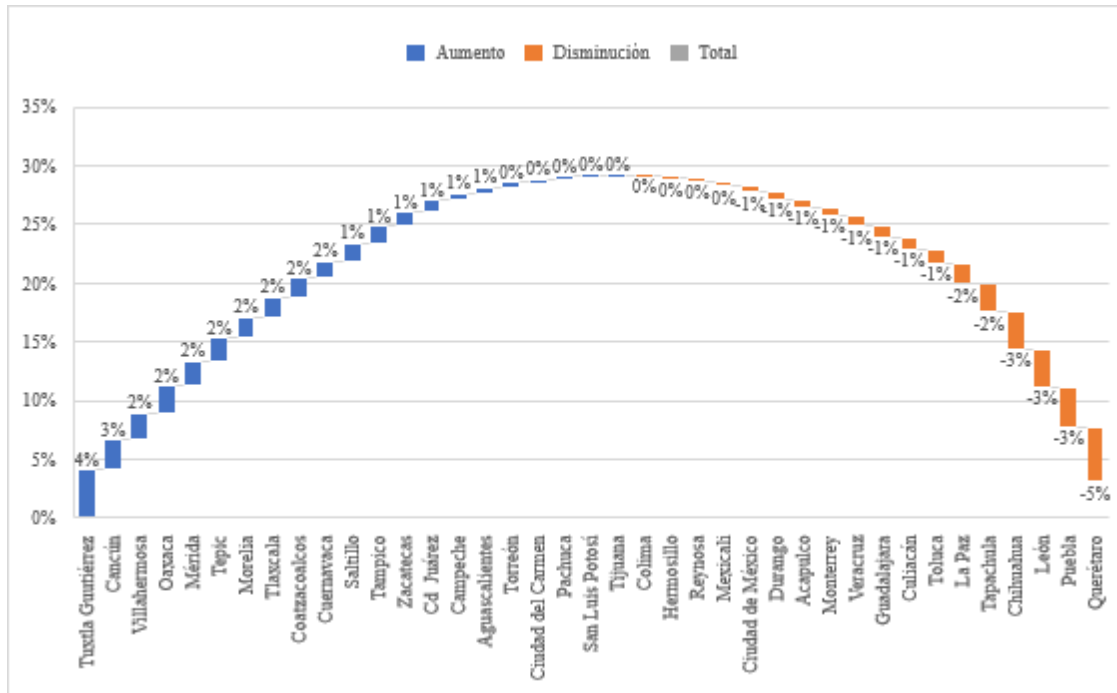
Gráfica 3.*Porcentaje de ocupados en riesgo medio de automatización, para el segundo trimestre de 2022*

Fuente: Elaboración propia con información del cuarto trimestre 2021 de la ENOE

Sin embargo, no sólo es interesante observar el porcentaje de ocupados en los diferentes niveles de riesgo en un punto del tiempo, también es importante observar cómo estas cifras han cambiado en las ciudades estudiadas a lo largo del tiempo. Precisamente, la Gráfica 4 presenta información sobre el cambio en el porcentaje de ocupados en alto riesgo, en el periodo que va del tercer trimestre de 2012 al cuarto de 2021. Se observa que las ciudades que experimentaron los incrementos más importantes fueron Tuxtla Gutiérrez (4%) y Cancún (3%). Por su parte, las que tuvieron los decrementos más grandes fueron: Querétaro (-5%), Puebla (-3%), León (-3%) y Chihuahua (-3%).

Gráfica 4.

Cambio en el porcentaje de ocupados en alto riesgo de automatización, del 3T de 2012 al 2T de 2022

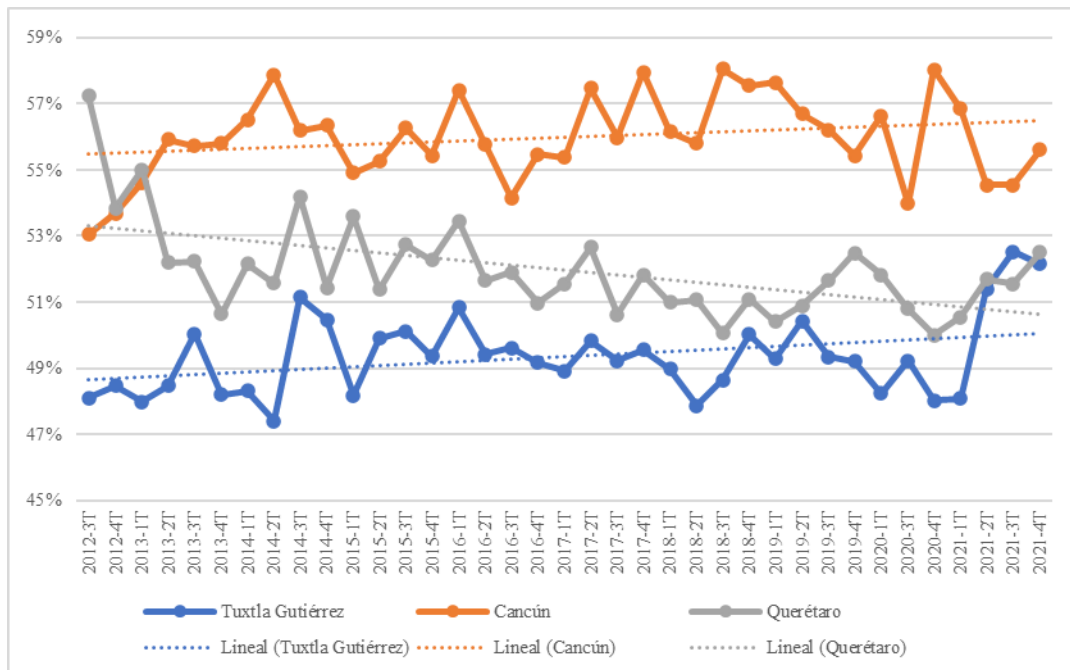


Fuente: Elaboración propia con información del segundo trimestre 2022 de la ENOE

La Gráfica 5 contiene información sobre la evolución de las dos ciudades con el incremento más importante en ocupados en alto riesgo, así como de la ciudad que tuvo la reducción más importante. Se considera que Cancún es un caso especial porque no sólo creció durante el periodo, sino que partió de niveles relativamente altos. Por su parte, Querétaro tenía niveles mucho más altos que Tuxtla Gutiérrez en 2012, sin embargo, esta diferencia se ha reducido de forma importante a lo largo del periodo estudiado, hasta que la situación se invirtió en el segundo trimestre de 2021.

Gráfica 5.

Ciudades con cambios importantes en el porcentaje de ocupados en alto riesgo de automatización, del 3T de 2012 al 2T de 2022



Fuente: Elaboración propia con información del segundo trimestre 2022 de la ENOE

Aunque los porcentajes de ocupados en alto riesgo por sustitución tecnológica se han mantenido relativamente estables en una buena parte de las ciudades mexicanas, se han presentado cambios importantes en un grupo de estas que ameritan una atención especial. Se esperaría encontrar más información relevante si se estudian los sectores específicos en los que se registraron los cambios de ocupados que motivaron los incrementos o decrementos en el porcentaje que se encuentra en alto riesgo de sustitución tecnológica.

Conclusiones

Es probable que los efectos del cambio tecnológico en el empleo se produzcan de forma intensa en las ciudades mexicanas en las que estén presentes sectores productivos en los que predominen ocupaciones que desarrollen tareas que sean más susceptibles de ser automatizadas. Este es el primer trabajo, del que se tiene conocimiento, que realiza un esfuerzo por estimar los riesgos de sustitución tecnológica en ciudades, predominan los que hacen estas estimaciones a nivel nacional, con algunos pocos que lo hacen a nivel estatal. Sin embargo, las ciudades son el entorno estratégico en el que se desarrollan casi todas las actividades productivas, por lo que es la demarcación para la que resulta más conveniente hacer este tipo de estudios.

Se ha mencionado a lo largo de este artículo que las estimaciones a nivel nacional o para entidades federativas suelen pasar por alto las importantes diferencias que pueden existir entre ciudades, incluso en las que forman parte de un mismo estado.

En cambio, las ciudades suelen ser centros económicos más compactos e incluso más uniformes, que ofrecerán una imagen más precisa de los cambios que ocurran entre los ocupados por su nivel de riesgo.

Este trabajo es el punto de partida de una agenda de investigación robusta en la que se pretende indagar las razones por las que algunas ciudades han visto reducido el número de ocupados en alto riesgo, como es el caso de Querétaro, Puebla, León o Chihuahua, mientras que otras han tenido comportamientos opuestos, como es el caso de Tuxtla Gutiérrez o Cancún. Se espera que sus hallazgos sean útiles para el diseño de políticas públicas que puedan mitigar los efectos negativos del cambio tecnológico en el empleo.

Referencias

- Acemoglu, D., & Autor, D. (2011). Skills, tasks and technologies: Implications for employment and earnings. In *Handbook of Labor Economics* (Vol. 4, pp. 1043-1171). Elsevier.
- Acemoglu, D. y Restrepo, P. (2017). Robots and jobs: Evidence from the US. NBER Working Paper No. 23285. <http://reparti.free.fr/dauth917.pdf>
- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2018). The race between man and machine: Implications of technology For growth, factor shares, and employment. *American economic review*, 108(6), 1488-1542.
- Acemoglu, D. y Restrepo, P. (2019) "Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor," *Journal of Economic Perspectives*. 33(2): 3-30. <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.33.2.3>
- Acemoglu, D., y Restrepo, P. (2020). Robots and jobs: Evidence from US labor markets. *Journal of Political Economy*, 128(6), 2188-2244. <https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/705716>
- Adamczyk, W. B., França, M. T. A., & Fochezatto, A. (2019). Technological unemployment in Brazil: effects of automation on job market occupations. *Anais do 47o Encontro Nacional de Economia*, 2019, Brasil
- Aghion, P., & Howitt, P. (1994). Growth and unemployment. *The Review of Economic Studies*, 61(3), 477-494.
- Aguilera, A., y Ramos Barrera, M. G. (2016). Technological unemployment: An approximation to the Latin American case. *AD-minister*, (29), 58-78.
- Autor, D. H., Levy, F., & Murnane, R. J. (2002). Upstairs,downstairs: Computers and skills on two floors of a large bank. *ILR Review*, 55(3), 432-447.
- Autor, D. H., Levy, F. y Murnane, R. J. (2003), "The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration", *The Quarterly Journal of Economics*, pp. 1279-1333. <https://academic.oup.com/qje/article-abstract/118/4/1279/1925105?login=false>
- Autor, D. H. (2014) Polanyi's Paradox and the Shape of Employment Growth, Paper prepared for Federal Reserve Bank of Kansas, Jackson Hole Conference, August 22, 2014. <https://www.nber.org/papers/w20485>
- Banco Mundial (2016). World Development Report 2016:Digital Dividends. International Bank for Reconstruction and Development. Washington, Banco Mundial.
- Bowles, J. (2014). The Computerization of European Jobs, Bruegel, Brussels.
- Bloom, D. E., McKenna, M., & Prettnner, K. (2018). *Demography, unemployment, automation, and digitalization: Implications for the creation of (decent) jobs, 2010-2030* (No. w24835). National Bureau of Economic Research.
- Brzeski, C. y I. Burk (2015), Die Roboter kommen. Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt [The Robots Come. Consequences of Automation for the German Labour Market], ING DiBa Economic Research.
- Cabrero Mendoza, E, Carreón Rodríguez, V.G., y Guajardo Mendoza, M.A. (2020). México frente a sociedad del conocimiento. La difícil transición. Siglo XXI Editores. México.
- Cabrero, E. y Guajardo, M. (2023). La lucha contra el desempleo tecnológico, una agenda urgente de política pública en países latinoamericanos. Análisis de casos subnacionales en México. Reforma y Democracia. CLAD (En proceso de publicación en la edición 82).
- Díaz, A. (2022). Gobernanza Metropolitana y Ciudad de Inteligentes. Retos para la Innovación del Gobierno y la Gestión del México Urbano. Siglo XXI editores.
- INEGI. Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE).
- Frey, C. y Osborne M. (2013). The future of employment. Hoy Susceptible are jobs to computerization? Oxford Martin School.

- Fuei, L. K. (2017). Automation, computerization and future employment in Singapore. *Journal of Southeast Asian Economies*, 388-399.
- Goos, M., & Manning, A. (2002). McJobs and Mac Jobs: the growing polarisation of jobs in the UK. In *The labour market under New Labour* (pp. 70-85). Palgrave Macmillan, London. https://link.springer.com/chapter/10.1057/9780230598454_6
- Head, B. W., & Alford, J. (2015). Wicked problems: Implications for public policy and management. *Administration & society*, 47(6), 711-739.
- International Federation of Robotics (IFR). World Robotics Report 2020. Frankfurt Alemania.
- Islam, I. (2018). Automation and the future of employment: implications for India. *South Asian Journal of Human Resources Management*, 5(2), 234-243.
- Millington, K., 2017. How changes in technology and automation will affect the labour market in Africa. Institute of Development Studies, Brighton, UK.
- Minian y Monroy (2018). El impacto de las nuevas tecnologías en el empleo en México. Problemas Del Desarrollo. Revista Latinoamericana De Economía, 49(195). <https://doi.org/10.22201/ieec.20078951e.2018.195.64001>.
- Mokyr, J. (1992). *The lever of riches: Technological creativity and economic progress*. Oxford University Press.
- Mokyr, J., Vickers, C., & Ziebarth, N. L. (2015). The history of technological anxiety and the future of economic growth: Is this time different? *Journal of economic perspectives*, 29(3), 31-50.
- Pajarinen, M. y P. Rouvinen (2014), "Computerization Threatens One Third of Finnish Employment. ETLA Brief, No. 22, pp. 13.
- Ricardo, D. (1821). *On the principles of political economy*. London: J. Murray.
- Smith, A. (1776). *The Wealth of Nations: An inquiry into the nature and causes of the Wealth of Nations*. London: printed for W. Strahan; and T. Cadell.
- Wicksell, Knut. *Lectures on political economy*. London: Routledge, 1934