



DETERMINANTES DE LA ESTRUCTURA DE SALARIOS EN COLOMBIA ENTRE 2007 Y
2023

Determinants of the wage structure in Colombia from 2007 to 2023

ALEJANDRA ARTEAGA ARANGO

Trabajo de grado

Asesor

CARLOS ESTEBAN POSADA

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE FINANZAS, ECONOMÍA Y GOBIERNO
ECONOMÍA
MEDELLÍN
2024

RESUMEN

El trabajo aborda los determinantes de la estructura salarial en Colombia entre 2007 y 2023. A través de la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH) y el uso de un Modelo Vectorial Autorregresivo Estructural (SVAR) se analiza la relación entre el número de trabajadores cualificados y no cualificados, la interacción capital físico y capital humano, y la posibilidad de cambios técnicos sesgados a la cualificación.

El estudio concluye que el crecimiento económico y la acumulación de capital fueron determinantes en la configuración de la estructura de salarios en el período 2007 - 2023. Los resultados son robustos frente a distintas especificaciones del modelo y ajustes en el periodo de análisis.

Palabras clave: estructura de salarios, cualificación, capital, crecimiento económico, cambio técnico sesgado, complementariedad capital físico y capital humano, mercado laboral, Modelo Vectorial Autorregresivo Estructural.

Código JEL: E24, J24, J31, O33.

ABSTRACT

The study addresses the determinants of the wage structure in Colombia from 2007 to 2023. Using the Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH) and a Structural Vector Autoregressive Model (SVAR), it examines the relationship between the number of skilled and unskilled workers, the interaction between physical and human capital, and the potential for skill-biased technical changes.

The study concludes that economic growth and capital accumulation were key determinants in shaping the wage structure during the 2007–2023 period. The results are robust across different model specifications and adjustments to the analysis period.

Keywords: wage structure, skills, capital, economic growth, skill-biased technical change, complementary between physical and human capital, labor market, Structural Vector Autoregressive (SVAR) model.

JEL Code: E24, J24, J31, O33.

Agradecimientos:

La autora agradece especialmente a Carlos Esteban Posada, quien orientó y acompañó este trabajo como asesor. Asimismo, a Gustavo Adolfo García y Juan Camilo Chaparro, quienes tuvieron una excelente disposición para ayudar a solucionar cualquier duda en la recolección y el tratamiento de los datos.

Gracias también a todas aquellas personas que con sus lecturas y comentarios ayudaron a consolidar el presente documento. Finalmente, agradece a su familia por su paciencia y respaldo incondicional, sin los cuales este proyecto no habría sido posible.

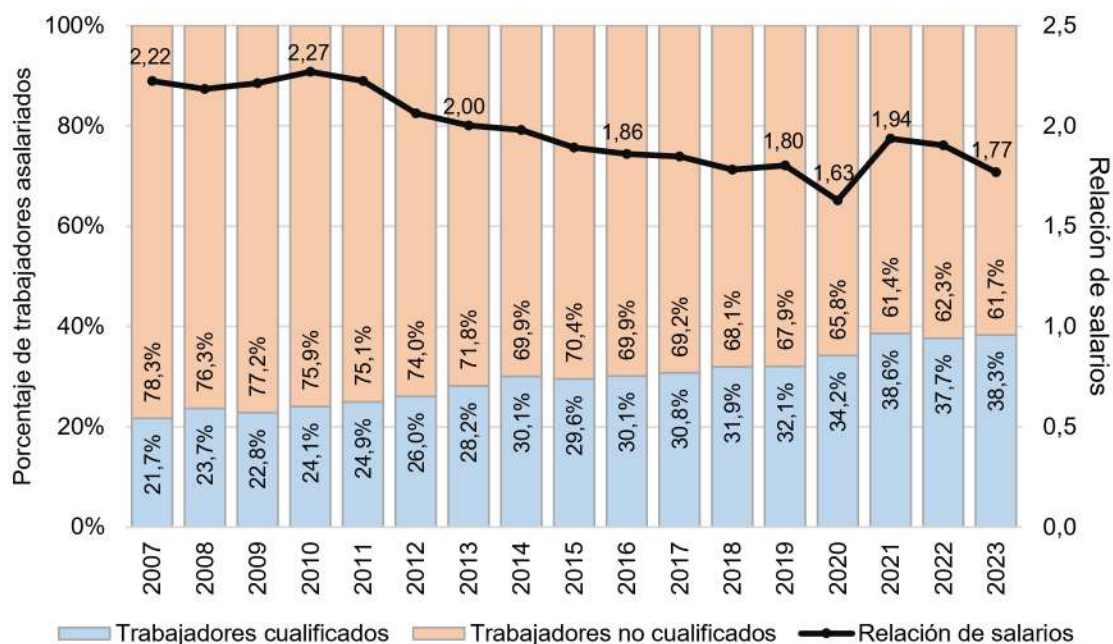
CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	5
MARCO TEÓRICO	6
LOS DATOS	10
EL MODELO	15
RESULTADOS.....	19
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	21
REFERENCIAS	25

INTRODUCCIÓN

En Colombia, la configuración del empleo ha sufrido cambios importantes en términos educativos. En la figura 1 se observa que el porcentaje de trabajadores cualificados¹ ha mantenido cierta tendencia creciente, con una variación positiva de casi 17 puntos porcentuales entre 2007 y 2023.

Figura 1. Porcentaje promedio anual de trabajadores asalariados por nivel de cualificación (eje primario, barras apiladas) y promedio anual de la relación de salarios mensuales (eje secundario, línea negra), Colombia, 2007 - 2023



Nota: elaboración propia con base en la GEIH del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, s.f.-b). Se considera a la relación de salarios a la mediana del ingreso laboral de los cualificados sobre la mediana del ingreso laboral de los no cualificados. Los cálculos basados en el marco geoestadístico de 2018.

La escasez o abundancia relativa de trabajadores por su nivel de cualificación ha sido una de las hipótesis predominantes en la explicación de la determinación de salarios. Según la figura 1, a la vez que se ha visto la tendencia creciente en la cualificación de los asalariados, también se ve cierta tendencia decreciente en la relación de salarios. No obstante, entre 2007 y 2023 el país experimentó diversos

¹ Se consideraron como trabajadores cualificados a aquellos asalariados (empleados del sector privado o público, empleados domésticos o jornaleros) que hubiesen obtenido títulos como técnico, tecnólogo o universitario, y cuyo nivel educativo más alto alcanzado hubiese sido educación superior. En otros casos, se consideraron como trabajadores no cualificados.

cambios en los niveles macroeconómicos y microeconómicos que afectaron la distribución de ingresos laborales y los niveles de formación de los asalariados.

La brecha de salarios en Colombia marca los posibles patrones de desigualdad, asignación del ingreso entre los trabajadores de acuerdo con su nivel de cualificación y posibles sesgos tecnológicos. Por una parte, “Colombia es uno de los países del mundo con mayor desigualdad de ingresos, la cual ha persistido por décadas, y detrás de este fenómeno se encuentra [entre otros factores] una importante desigualdad en las oportunidades de educación” (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2023, p. 14). Por otro lado, esta diferencia de salarios es un incentivo para mejorar los niveles de formación, lo que podría verse reflejado en la productividad de los trabajadores y eventualmente en una mejor distribución futura del ingreso de las familias.

El presente documento busca establecer los determinantes de la estructura salarial por nivel de cualificación en Colombia durante el período 2007 – 2023. Con este fin, se revisa la literatura para identificar los principales factores sobre el estudio de la brecha de salarios, se estructura una base de datos para este período, se construye un Modelo Vectorial Autorregresivo Estructural (SVAR) y se presenta el análisis de resultados respecto a la posibilidad de cambios técnicos sesgados hacia algún factor productivo en el mercado laboral colombiano.

La estructura de salarios en Colombia ha sido analizada por Cárdenas y Bernal (1998), Santamaría (2001), Arango *et al.* (2005), Posso (2008), Vargas *et al.* (2013) y Barrios *et al.* (2022). Teniendo en cuenta el período 2007 – 2023, el presente documento revisa y actualiza estos estudios, basándose en microdatos de la GEIH, la cual está en línea con el más reciente censo (2018).

Este trabajo investigativo se compone de cuatro secciones además de esta introducción. En la primera, se expone el marco teórico que tiene en cuenta aportes de académicos de los últimos 20 años en el análisis de la estructura de salarios en el nivel internacional, junto con los estudios previos realizados sobre Colombia. En la segunda, se presentan la recolección y construcción de variables, su tratamiento y el planteamiento del modelo teórico, basado en un SVAR estimado por descomposición de Cholesky. En la tercera, se muestran los resultados del modelo. Finalmente, en la cuarta sección, se discute y concluye el contenido del documento.

MARCO TEÓRICO

Durante los años entre la revolución industrial y finales de 1950, la discusión sobre la estructura de salarios era abordada desde el asunto de su neutralidad en cuanto a la sustitución de trabajo por capital. Becker (1977) cambió el enfoque en el estudio de la existencia y determinación de salarios por niveles de cualificación, incorporando en el análisis la intensidad del capital en la producción y, en particular,

el tema de los cambios técnicos sesgados y no sesgados. Tras una discusión de la existencia de capital humano como algo distinto al trabajador sin cualificación, sugirió (p. 254) considerar el caso de una alta sustituibilidad entre capital físico y trabajo no cualificado y la posible gran complementariedad² entre las cantidades utilizadas de fuerza laboral intensiva en capital humano y las de capital físico.

Con posterioridad al trabajo pionero de Becker, y en buena medida a raíz de éste, se ha desarrollado un área de investigación sobre las causas, implicaciones y consecuencias de cambios técnicos sesgados contra el trabajo no (o menos) cualificado, las relaciones entre la acumulación de capital físico y la de capital humano, la eventual complementariedad entre el trabajo cualificado y el capital físico en la producción, los efectos del avance de la cobertura de la educación universitaria, los cambios en las brechas salariales y los impactos de todo esto en la distribución del ingreso.

Dentro de los principales determinantes estudiados en la literatura sobre estructura de salarios y diferencias en la prima universitaria se encuentra la dinámica de la oferta y demanda de trabajadores por niveles de cualificación. El rápido y continuo crecimiento de la demanda de trabajadores más cualificados es significativo para los análisis presentados por Katz y Murphy (1992) y Goldin y Katz (2007) para Estados Unidos desde 1983 al 2000.

Al mismo tiempo, la expansión en la educación superior y los cambios en la oferta de graduados son elementos en las conclusiones presentadas por Katz y Murphy (1992) y Goldin y Katz (2007). En esta misma línea se suman Kyui y Radchenko (2020) y Blundell *et al.* (2022) quienes examinaron el impacto de la expansión de la educación superior y las especializaciones académicas en Rusia (2002-2016) y Reino Unido (1993-2016) respectivamente. Estos autores evidenciaron heterogeneidad de los impactos del aumento de la oferta de graduados en ciertas áreas y se cuestionaron por el papel de las tecnologías y formas organizacionales previas.

La inversión de capital intensivo en nuevas tecnologías es relevante en el análisis de la estructura de salarios, sobre todo en los estudios sobre el mercado laboral en Estados Unidos. Acemoglu y Autor (2011) realizaron un modelo teórico a través del cual argumentaron que la escasez o abundancia de los trabajadores cualificados no es suficiente para explicar los cambios en las primas salariales, sino que es necesario considerar el impacto de la tecnología, sobre todo en los empleos de habilidades medias y bajas. Posteriormente, Autor (2017) explicó que el aplanamiento de la prima salarial obedeció a la reducción de la demanda de trabajadores cualificados por las crecientes inversiones en tecnologías; conclusión

² En lo que sigue, se entenderá por complementariedad una complementariedad no absoluta, como sería el caso de una combinación Leontief, sino una complementariedad menor, con un grado de sustituibilidad inferior a la que supondría una combinación Cobb-Douglas. Es decir, se está suponiendo que la sustituibilidad entre capital y trabajo cualificado es mayor que 0 pero menor que 1.

que se enfrenta a la hipótesis del aumento de la prima salarial debido a la complementariedad entre la tecnología y el empleo cualificado defendida por Acemoglu (2002) para períodos previos.

Acemoglu y Restrepo (2018) consideraron la heterogeneidad en las habilidades de los trabajadores para analizar las repercusiones de la automatización de tareas en el empleo, el crecimiento económico y desigualdad de ingresos. Encontraron que la desigualdad de salarios aumenta durante las transiciones hacia una mayor automatización, beneficiando más a los trabajadores cualificados. Por otra parte, diferenciando por sectores económicos, Chen (2020) examinó la productividad laboral en el sector de bienes y servicios, en los cuales se diferencia la intensidad del uso de capital. Dedujo que la productividad había aumentado en el sector de bienes, donde además se registró un uso más intensivo de mano de obra poco cualificada. Lo anterior conduce a diferencias en las trayectorias de acumulación de capital y productividad de cada sector.

Las posibles relaciones de sustitución o complementariedad determinan la demanda de mano de obra dependiendo de la cualificación y de la distribución del ingreso. Krusell *et al.* (2000) estudiaron la complementariedad entre capital y cualificación a través del planteamiento de un modelo teórico con el fin de explicar las variaciones en la prima de cualificación en el período 1960-1990 en Estados Unidos, con lo cual resaltaron la importancia del crecimiento del capital especialmente del invertido en nuevo equipo tecnológico en la ampliación de la brecha de los salarios por nivel de cualificación, favoreciendo a los más cualificados.

En esta misma línea, Berlingieri *et al.* (2024) estudiaron la complementariedad entre el capital y las habilidades en una economía con múltiples sectores económicos a partir de datos de Francia. Los autores sugieren que esta complementariedad tiene un impacto significativo pero limitado en la creciente desigualdad salarial observada en términos de habilidades. Adicionalmente, para la economía china, Jiang *et al.* (2024) encontraron que las máquinas automatizadas sustituyeron las tareas de los trabajadores no cualificados, lo que profundizó la brecha salarial en las industrias chinas entre 2012 y 2020.

El papel del cambio técnico, su posible sesgo y el crecimiento económico son factores que impactan el mercado laboral y la dinámica de salarios. Acemoglu (2002) analizó cómo el cambio técnico puede sesgarse hacia el uso de factores productivos, como el trabajo cualificado o el capital, a través de los efectos precio y tamaño del mercado. Galor y Moav (2000), mediante un modelo de crecimiento económico con cambio tecnológico sesgado a las habilidades, reportaron aumento en el salario de trabajadores cualificados por el uso de tecnologías avanzadas. Buera *et al.* (2022) examinaron el cambio técnico sectorial para varios países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), evidenciando el favorecimiento a sectores más intensivos en trabajos cualificados.

Este tipo de estudios ha sido abordado en América Latina por autores como Messina y Silva (2021), quienes analizaron el período 1995-2015 para 16 países de la región.

Por otra parte, Herrera-Idárraga *et al.* (2016) realizaron un análisis microeconómico a través de panel de datos con componentes espaciales entre diferentes regiones de países emergentes, entre los que se incluyó a Colombia, para considerar el papel de la educación y la formalidad en las diferencias salariales. En sus resultados se encuentra una marcada heterogeneidad regional en la distribución de salarios, especialmente en los salarios más altos.

Cárdenas y Bernal (1998) explicaron los cambios en la tendencia de la brecha de salarios por nivel de cualificación entre 1976-1981 y el período siguiente a 1991 por el cambio en la demanda relativa de trabajadores cualificados. Santamaría (2001) consideró la distribución de las ganancias laborales en Colombia desde 1978 a 1998 desde la perspectiva de las habilidades, representadas a través de la educación, la experiencia y el género. En su estudio, se concluye que a partir de 1990 hubo un aumento relativo de salarios para los trabajadores con mayor experiencia en las zonas urbanas, mientras que en las zonas rurales la disparidad de ingresos no se relacionaba con un sesgo por nivel de cualificación.

Arango *et al.* (2005) reportaron que, entre 1984 y 2000, el salario de los trabajadores cualificados aumentó con respecto al de los menos cualificados, siendo esto explicado por el incremento de la demanda de trabajadores más cualificados; lo que va en línea por lo encontrado por Cárdenas y Bernal (1998) y Santamaría (2001). Este análisis fue continuado por Vargas *et al.* (2013) para el período 1984 - 2010, quienes concluyen que el crecimiento de la demanda relativa se había desacelerado, situación contraria a la oferta relativa. Los artículos anteriores han presentado conclusiones compartidas, considerando que hubo desarrollos tecnológicos sesgados hacia los trabajadores cualificados en Colombia.

Por otra parte, los estudios de salarios por nivel de cualificación han señalado tendencias crecientes de la oferta de trabajadores cualificados. Posso (2008) reportó un incremento en la desigualdad salarial en el país entre 1984 y 2005, resultado del cambio en la composición educativa del mercado laboral, no solo en el salario por nivel educativo, sino de manera intragrupo en los trabajadores cualificados, lo que se relaciona con heterogeneidades en la calidad educativa. Por su parte, Vargas *et al.* (2013) incluyeron en sus resultados la convergencia de salarios (reducción de la varianza) en los grupos de trabajadores de más baja cualificación.

El uso de nuevas tecnologías ha afectado las dinámicas salariales en Colombia. Barrios *et al.* (2022) evaluaron el impacto del uso de bienes tecnológicos, como computadores y softwares, en el aprendizaje en 2018. A través de un modelo de "emparejamiento por puntaje de propensión" y usando datos de la Encuesta de Calidad de Vida, evidenciaron el impacto positivo de los avances tecnológicos en los salarios.

DATOS Y MODELO

LOS DATOS

De acuerdo con la literatura, para establecer los determinantes de la estructura de salarios en Colombia en el período 2007 - 2023 deben considerarse variables que reflejen la oferta o demanda de trabajadores cualificados y no cualificados, la relación capital/trabajo y el crecimiento económico. La variable que se intenta explicar es la relación de salarios, definida así:

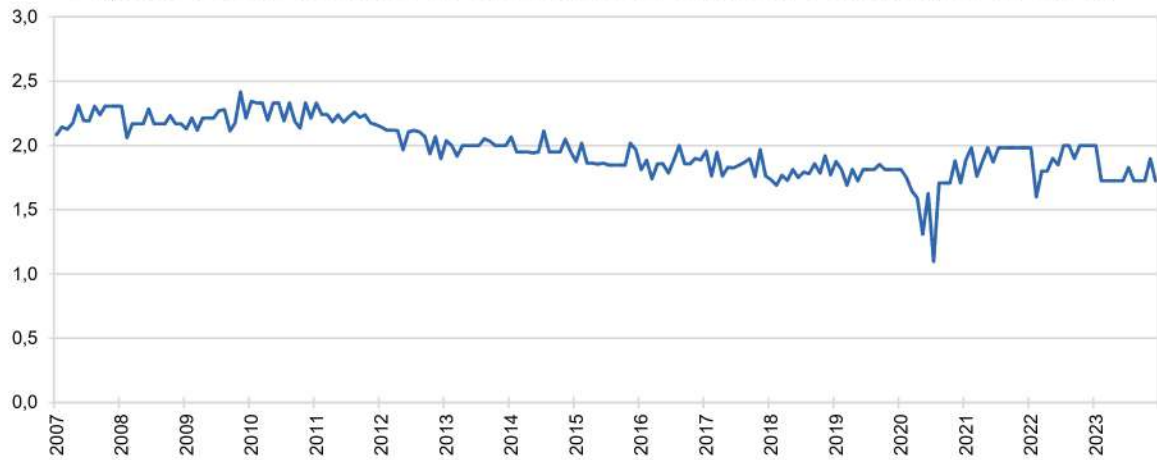
$$\left(\frac{w_c}{w_n}\right)_t \text{ con } t = 1, 2, \dots, 204$$

siendo w_c el salario de los trabajadores cualificados, w_n el salario de los no cualificados y t los meses que van desde enero de 2007 hasta diciembre de 2023.

La relación de salarios se construyó a partir de las medianas de ingreso de los trabajadores asalariados condicionando a un criterio de separación por cualificación a través de los microdatos mensuales de la GEIH desde 2007 a 2023. Esta serie se muestra en la figura 2. Se consideraron como trabajadores asalariados a todas aquellas personas encuestadas que se habían declarado ocupadas, y cuya posición ocupacional era empleado de empresa particular, empleado del gobierno, empleado doméstico, jornalero u otra profesión diferente a trabajador por cuenta propia, empleador o trabajador sin remuneración. Por otra parte, el criterio de separación por cualificación consideró que los trabajadores cualificados eran aquellos cuyo nivel educativo más alto alcanzado fuese educación superior y que contaban con título más alto alguno de los siguientes: técnico, tecnólogo, universitario o posgrado. El resto de los trabajadores fue clasificado como no cualificados (es decir, menos cualificados).

Debido a las complicaciones en la recolección de datos de la GEIH en el año 2020 por la crisis del COVID 19, no hay información de las variables implicadas en el criterio de cualificación para los meses de marzo y abril. Por lo cual, los datos faltantes fueron imputados utilizando filtro de Kalman con la función *na_kalman* del paquete *imputeTS* en el software estadístico R. Dicha función está basada en el artículo publicado por Hyndman y Khandakar (2008), *Automatic Time Series Forecasting: The forecast Package for R*, como es citado en la documentación del paquete (Mortiz *et al.*, 2022). Dicha función se basa en una representación del espacio de estados dada por un modelo estructural básico y su estimación se hace por máxima verosimilitud.

Figura 2. Serie mensual de la relación de salarios, Colombia, 2007-2023.



Nota: elaboración propia con datos del DANE (s.f.-b).

La escasez o la abundancia relativa de trabajadores cualificados que participan en el mercado de trabajo en Colombia se representa por la variable:

$$\left(\frac{N_c}{N_n}\right)_t \quad \text{con } t = 1, 2, \dots, 204$$

siendo N_c el número de trabajadores cualificados y N_n el número de los no cualificados.

La interacción entre capital y mano de obra está expresada por una variable que relaciona el capital con la mano de obra no cualificada. La construcción de esta variable siguió la hipótesis predominante en la literatura que considera la complementariedad entre capital y trabajo cualificado, y la posible alta sustituibilidad entre el capital y el trabajo no cualificado:

$$\left(\frac{K}{N_n}\right)_t \quad \text{con } t = 1, 2, \dots, 204$$

siendo K el acervo de capital físico y N_n el número de asalariados no cualificados.

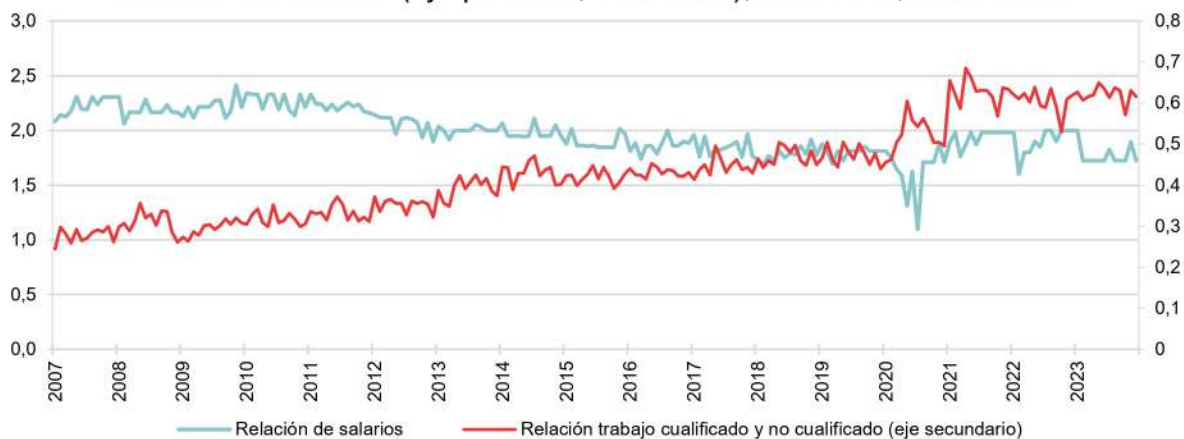
Por una parte, con los criterios de cualificación pueden recolectarse otras series de datos a partir de la GEIH, como la relación de trabajadores cualificados y no cualificados y la relación capital y trabajadores no cualificados. Estas series pueden verse en la figura 3 y figura 4 respectivamente.

Por otra parte, la serie de capital fue calculada de la siguiente manera: primero, se supuso una relación inicial capital/producto de 12^3 (primer trimestre de 2005),

³ Este supuesto ayudó a generar una serie de capital con una característica adecuada: lograr que la relación capital/producto se mantuviese en el largo plazo oscilando alrededor de un nivel promedio constante, lo que es consistente con trayectorias de estado estable de modelos de crecimiento económico.

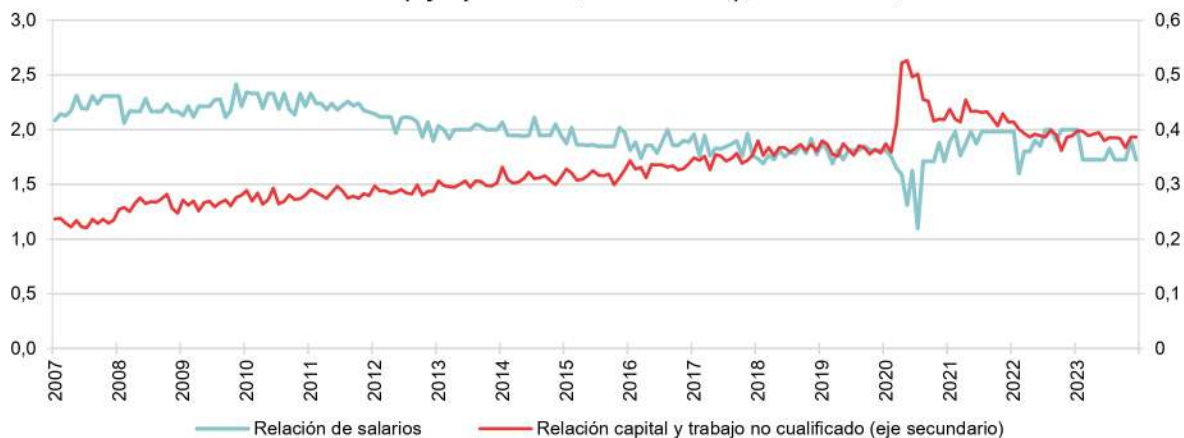
considerando la serie trimestral del Producto Interno Bruto (PIB) a precios constantes de Colombia desde 2005; segundo, se aplicó la ley de acumulación de capital con base en las series trimestrales de inversión bruta y una tasa de depreciación de capital de 0,01 por trimestre; tercero, calculado el capital trimestral se dedujo la inversión neta trimestral (el cambio en el capital); cuarto, la inversión neta trimestral se repartió en inversiones mensuales; y cinco, el capital mensual se calculó con el capital inicial y la inversión neta mensual.

Figura 3. Serie mensual de la relación entre el número de trabajadores cualificados y no cualificados (eje secundario, en rojo) y serie mensual de la relación de salarios (eje primario, azul claro), Colombia, 2007-2023.



Nota: elaboración propia con datos del DANE (s.f.-b).

Figura 4. Serie mensual de la relación entre el stock de capital y el número de trabajadores no cualificados (eje secundario, en rojo) y serie mensual de la relación de salarios (eje primario, azul claro), Colombia, 2007-2023.



Nota: elaboración propia con datos del DANE (s.f.-b).

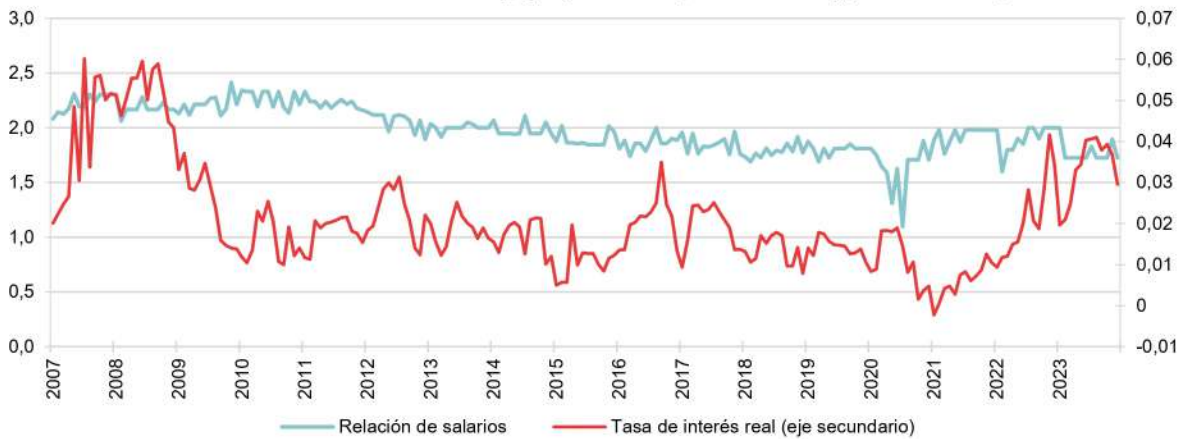
Además, siguiendo la hipótesis, también ampliamente utilizada en la literatura, que considera a los bienes de capital como sustituto parcial de las habilidades no muy

cualificadas, se tomó la tasa de interés real como un componente importante del costo de usar el capital⁴. Esta variable es, supuestamente, un factor determinante entre otros de la demanda relativa de trabajo cualificado *versus* no cualificado.

$$r_t \text{ con } t = 1, 2, \dots, 204$$

La construcción de esta variable se realizó como el promedio mensual de la tasa de interés cero-cupón en UVR a un año, que se puede observar en la figura 5. Esta serie se aproxima al concepto de tasa de interés real porque implica que las expectativas de inflación no afectan el rendimiento de los títulos en UVR.

Figura 5. Serie mensual la tasa de interés real (eje secundario, en rojo) y serie mensual de la relación de salarios (eje primario, azul claro), Colombia, 2007-2023.



Nota: elaboración propia con datos del DANE (s.f.-b) y el Banco de la República (s.f.).

Finalmente, el crecimiento económico es un factor fundamental en el análisis del mercado laboral y en las decisiones de empleo e inversión. Esta variable se define como:

$$C_t = \frac{Y_t - Y_{t-12}}{Y_{t-12}} \text{ con } t = 1, 2, \dots, 204$$

siendo Y_t el nivel de producto en el periodo t y C_t su variación anual.

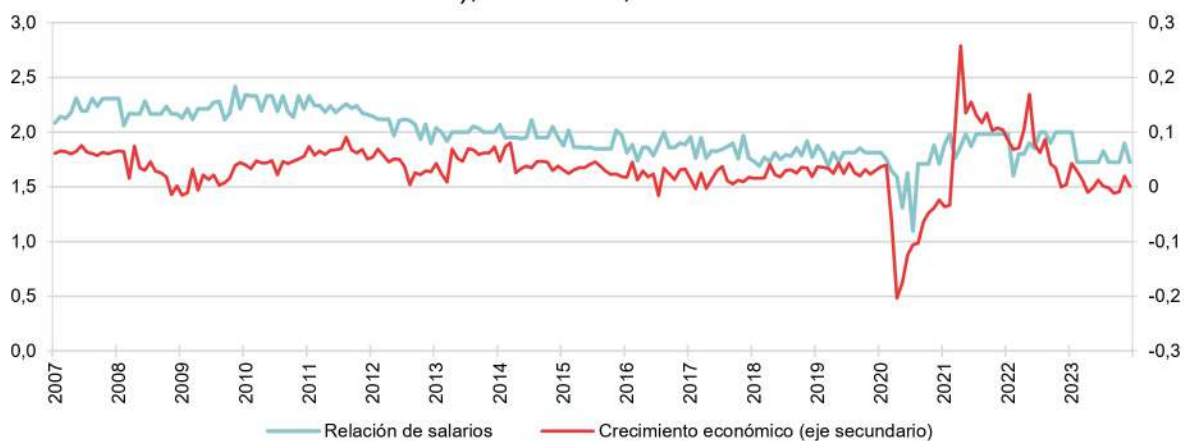
Dado que el cálculo del PIB en Colombia se hace de manera trimestral, se consideró como la tasa de crecimiento económico a la variación mensual del Indicador de Seguimiento a la Economía (ISE)⁵, presentada en la figura 6. De acuerdo con el DANE (s.f.-a), este indicador proporciona una forma de medir “la evolución de la

⁴ Berlingieri et al. (2024) consideraron el precio de los bienes de capital como factor importante del costo del uso de capital.

⁵ No se recurrió a la mensualización de la serie del PIB trimestral debido a que los errores que se podrían haber cometido al hacer tal mensualización pueden ser más grandes que en el caso de la mensualización de la serie del capital, puesto que este es un acervo. Además, se contó con la proxy del PIB mensual mediante el ISE.

actividad real de la economía en el corto plazo, el cual se ajusta a la metodología utilizada en las cuentas nacionales trimestrales; compuesto por un conjunto heterogéneo de indicadores mensuales representativos de las actividades económicas”.

Figura 6. Serie mensual del crecimiento económico anual (4 trimestres; eje secundario, en rojo) y serie mensual de la relación de salarios (eje primario, azul claro), Colombia, 2007-2023.



Nota: elaboración propia con datos del DANE (s.f.-a).

Las estadísticas descriptivas de las variables pueden observarse en la tabla 1.

Tabla 1. Estadísticas descriptivas.

	Relación de salarios	Relación trabajadores cualificados/no cualificados	Relación capital/trabajo no cualificado	Crecimiento económico	Tasa de interés real
Mínimo	1,097	0,244	0,221	-0,203	-0,002
Mediana	1,968	0,425	0,318	0,034	0,019
Máximo	2,414	0,685	0,526	0,257	0,060
Media	1,975	0,431	0,329	0,034	0,021
D.E.	0,206	0,112	0,061	0,047	0,013
Número de observaciones	204	204	204	204	204

Nota: elaboración propia.

EL MODELO

A partir de la revisión de literatura, es posible considerar que las variables pueden tener alguna interdependencia entre sí, siendo la relación de salarios afectada de manera: a) negativa por cambios en la relación trabajadores cualificados/no cualificados, b) negativa por cambios en la relación capital/trabajo no cualificado, c) positiva por cambios en el crecimiento económico que, de manera sesgada, favorece el desarrollo de sectores intensivos en empleo cualificado, y d) negativa por el aumento en la tasa de interés.

Serwa y Wdowinski (2016) resaltaron la popularidad del modelo vectorial autorregresivo (VAR) en el estudio de las respuestas de variables macroeconómicas. No obstante, para la interpretación de los choques desde la perspectiva económica es imperativa la consideración de las relaciones contemporáneas, por lo que se utiliza el VAR en su forma estructural (SVAR).

De esta manera, para establecer los determinantes de la estructura de salarios en Colombia en el período 2007-2023 se planteó un Modelo Vectorial Autorregresivo Estructural (SVAR) de la forma:

$$BX_t = \Gamma_1 X_{t-1} + \omega_t$$

Siendo B una matriz de relaciones contemporáneas, X_t el vector columna que contiene las variables endógenas, Γ_1 la matriz de coeficientes que relacionan las variables entre sí con sus primeros rezagos y ω_t el vector de errores. Se cumple que $\mathbb{E}(\omega_t \omega_t^T) = \Sigma_\omega$.

Para poder tener choques estructurales, se utilizó la matriz de descomposición de Cholesky. Este es un enfoque *ad hoc* para imponer restricciones en los parámetros SVAR cuando no se dispone de teorías económicas bien definidas (Serwa y Wdowinski, 2016). Para conseguir la ortogonalización de los choques del modelo desde su forma reducida, se premultiplica ambos lados de la expresión por B^{-1} , y se busca la normalización de $\Sigma_\omega = I_5$, siendo 5 el número total de las variables totales del sistema.

$$B^{-1}BX_t = B^{-1}\Gamma_1 X_{t-1} + B^{-1}\omega_t$$

$$X_t = B^{-1}\Gamma_1 X_{t-1} + B^{-1}\omega_t$$

Considerando que $A_1 = B^{-1}\Gamma_1$ y $U_t = B^{-1}\omega_t$, esta forma reducida puede ser reescrita como:

$$X_t = A_1 X_{t-1} + U_t$$

Siendo $\mathbb{E}(U_t U_t^T) = B^{-1}\Sigma_\omega(B^{-1})^T = \Sigma_U$

La normalización de Σ_ω se consigue por la descomposición de $\Sigma_U = PP^T$, siendo

$$P = B^{-1}$$

una matriz triangular inferior.

Las variables fueron sujetas a pruebas de estacionariedad a través de análisis gráficos de los ACF y PACF y la prueba Dickey-Fuller aumentada de la librería *urca* del software R⁶. La especificación de series como la relación de salarios, la relación trabajadores cualificados/no cualificados y la relación capital/trabajo no cualificado en esta prueba fueron sensibles a la presencia de tendencia. Al hacer su regresión respecto al tiempo y rescatar los residuos, es decir, al considerarlas como procesos estacionarios en tendencia, las pruebas apoyaban la estacionariedad de las series. La serie de crecimiento económico mostraba rezagos significativos en el PACF cada 12 períodos, por lo que se descompuso, se extrajo su componente estacional y, al hacer la prueba de estacionariedad, se consideró como estacionaria. Finalmente, la tasa de interés real no mostraba evidencia de intercepto, pero sí de raíz unitaria, por lo que fue diferenciada una vez para lograr su estacionariedad. Las estadísticas descriptivas de las variables transformadas se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Estadísticas descriptivas de las variables transformadas para su estacionariedad.

	Relación de salarios	Relación trabajadores cualificados/no cualificados	Relación capital/trabajo no cualificado	Crecimiento económico	Variación de la tasa de interés real
Mínimo	-0,713	-8,812e-02	-5,562e-02	-0,176	-2,639e-02
Mediana	-0,006	-2,467e-03	-4,669e-03	0,035	8,012e-05
Máximo	0,271	1,290e-01	1,420e-01	0,222	2,970e-02
Media	0,001	1,833e-05	-1,667e-05	0,038	4,664e-05
D.E.	0,128	0,036	0,025	0,049	0,006
Número de observaciones	203	203	203	203	203

Nota: elaboración propia. Se eliminó una observación en cada variable debido a la diferenciación de la tasa de interés real.

El vector de variables es:

$$X_t = \begin{pmatrix} \left(\frac{N_c}{N_n}\right)_t \\ C_t \\ \Delta r_t \\ \left(\frac{K}{N_n}\right)_t \\ \left(\frac{w_c}{w_n}\right)_t \end{pmatrix}$$

⁶ Las pruebas de estacionariedad pueden ser pedidas a la autora por medio del correo aarteagaa@eafit.edu.co

Se consideró a la relación trabajadores cualificados/no cualificados como la menos endógena porque se está tomando en su construcción al número de personas ocupadas y no al número de horas. Debido a que los procesos de cualificación toman su tiempo, la relación entre trabajadores cualificados/no cualificados no será tan sensible a cambios pequeños en el salario o las otras variables consideradas, como sí podría llegar a pasar si se considerase el margen intensivo del trabajo a través del número de horas.

Después, se encuentra el crecimiento económico, que puede verse afectado por la relación de trabajadores por nivel de cualificación, debido a la productividad y diferencias en valor agregado que pueden distinguir a ambos tipos de empleo. Luego, las variaciones en la tasa de interés que se relacionan con la productividad multifactorial y el crecimiento económico. Posteriormente, la relación capital/trabajo no cualificado se relaciona por las decisiones de inversión en capital de acuerdo con el estado de la economía y la complementariedad entre capital y trabajo cualificado. Finalmente, la variable que se intenta explicar, la relación de salarios, se considera como la más endógena.

Partiendo de su forma reducida, el número de rezagos óptimos del VAR es 1, de acuerdo con el criterio de información bayesiano. El sistema de ecuaciones es:

$$\begin{aligned} \left(\frac{N_c}{N_n}\right)_t &= \mu_1 + a_{1,[11]} \left(\frac{N_c}{N_n}\right)_{t-1} + a_{1,[12]} C_{t-1} + a_{1,[13]} \Delta r_{t-1} + a_{1,[14]} \left(\frac{K}{N_n}\right)_{t-1} \\ &\quad + a_{1,[15]} \left(\frac{w_c}{w_n}\right)_{t-1} + u_{1,t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_t &= \mu_2 + a_{1,[21]} \left(\frac{N_c}{N_n}\right)_{t-1} + a_{1,[22]} C_{t-1} + a_{1,[23]} \Delta r_{t-1} + a_{1,[24]} \left(\frac{K}{N_n}\right)_{t-1} \\ &\quad + a_{1,[25]} \left(\frac{w_c}{w_n}\right)_{t-1} + u_{2,t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta r_t &= \mu_3 + a_{1,[31]} \left(\frac{N_c}{N_n}\right)_{t-1} + a_{1,[32]} C_{t-1} + a_{1,[33]} \Delta r_{t-1} + a_{1,[34]} \left(\frac{K}{N_n}\right)_{t-1} \\ &\quad + a_{1,[35]} \left(\frac{w_c}{w_n}\right)_{t-1} + u_{3,t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{K}{N_n}\right)_t &= \mu_4 + a_{1,[41]} \left(\frac{N_c}{N_n}\right)_{t-1} + a_{1,[42]} C_{t-1} + a_{1,[43]} \Delta r_{t-1} + a_{1,[44]} \left(\frac{K}{N_n}\right)_{t-1} \\ &\quad + a_{1,[45]} \left(\frac{w_c}{w_n}\right)_{t-1} + u_{4,t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{w_c}{w_n}\right)_t &= \mu_5 + a_{1,[51]} \left(\frac{N_c}{N_n}\right)_{t-1} + a_{1,[52]} C_{t-1} + a_{1,[53]} \Delta r_{t-1} + a_{1,[54]} \left(\frac{K}{N_n}\right)_{t-1} \\ &\quad + a_{1,[55]} \left(\frac{w_c}{w_n}\right)_{t-1} + u_{5,t} \end{aligned}$$

Lo que en forma matricial se expresa como:

$$X_t = A_1 X_{t-1} + U_t$$

$$\begin{pmatrix} \left(\frac{N_c}{N_n}\right)_t \\ C_t \\ \Delta r_t \\ \left(\frac{K}{N_n}\right)_t \\ \left(\frac{w_c}{w_n}\right)_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mu_1 & a_{1,[11]} & a_{1,[12]} & a_{1,[13]} & a_{1,[14]} & a_{1,[15]} \\ \mu_2 & a_{1,[21]} & a_{1,[22]} & a_{1,[23]} & a_{1,[24]} & a_{1,[25]} \\ \mu_3 & a_{1,[31]} & a_{1,[32]} & a_{1,[33]} & a_{1,[34]} & a_{1,[35]} \\ \mu_4 & a_{1,[41]} & a_{1,[42]} & a_{1,[43]} & a_{1,[45]} & a_{1,[45]} \\ \mu_5 & a_{1,[51]} & a_{1,[52]} & a_{1,[53]} & a_{1,[54]} & a_{1,[55]} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ \left(\frac{N_c}{N_n}\right)_{t-1} \\ C_{t-1} \\ \Delta r_{t-1} \\ \left(\frac{K}{N_n}\right)_{t-1} \\ \left(\frac{w_c}{w_n}\right)_{t-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} u_{1,t} \\ u_{2,t} \\ u_{3,t} \\ u_{4,t} \\ u_{5,t} \end{pmatrix}$$

Con la descomposición de Cholesky, la matriz A_t se descompone en:

$$A_1 = B^{-1}\Gamma_1 = P\Gamma_1$$

$$A_1 = \begin{pmatrix} p_{[11]} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ p_{[21]} & p_{[22]} & 0 & 0 & 0 \\ p_{[31]} & p_{[32]} & p_{[33]} & 0 & 0 \\ p_{[41]} & p_{[42]} & p_{[43]} & p_{[44]} & 0 \\ p_{[51]} & p_{[52]} & p_{[53]} & p_{[54]} & p_{[55]} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \kappa_1 & \gamma_{[11]} & \gamma_{[12]} & \gamma_{[13]} & \gamma_{[14]} & \gamma_{[15]} \\ \kappa_2 & \gamma_{[21]} & \gamma_{[22]} & \gamma_{[23]} & \gamma_{[24]} & \gamma_{[25]} \\ \kappa_3 & \gamma_{[31]} & \gamma_{[32]} & \gamma_{[33]} & \gamma_{[34]} & \gamma_{[35]} \\ \kappa_4 & \gamma_{[41]} & \gamma_{[42]} & \gamma_{[43]} & \gamma_{[44]} & \gamma_{[45]} \\ \kappa_5 & \gamma_{[51]} & \gamma_{[52]} & \gamma_{[53]} & \gamma_{[54]} & \gamma_{[55]} \end{pmatrix}$$

Y el vector U_t se descompone en:

$$U_t = B^{-1}\omega_t = P\omega_t$$

$$U_t = \begin{pmatrix} p_{[11]} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ p_{[21]} & p_{[22]} & 0 & 0 & 0 \\ p_{[31]} & p_{[32]} & p_{[33]} & 0 & 0 \\ p_{[41]} & p_{[42]} & p_{[43]} & p_{[44]} & 0 \\ p_{[51]} & p_{[52]} & p_{[53]} & p_{[54]} & p_{[55]} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \omega_{1,t} \\ \omega_{2,t} \\ \omega_{3,t} \\ \omega_{4,t} \\ \omega_{5,t} \end{pmatrix}$$

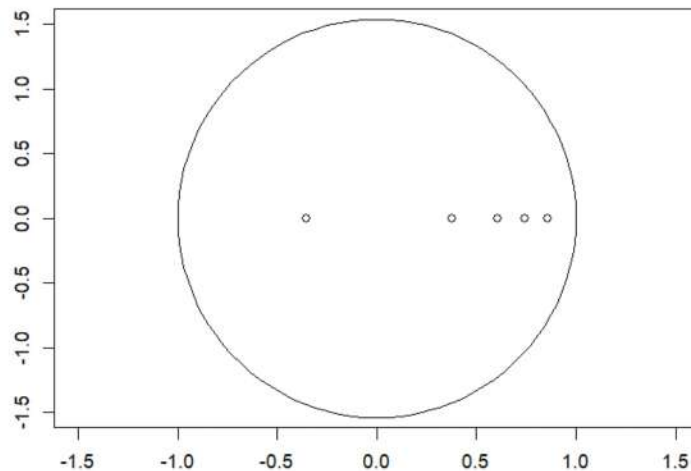
Para verificar la robustez de los resultados, se realizó la permutación del orden de variables. Además, considerando las posibles anomalías asociadas a la crisis del COVID 19 y la recuperación económica siguiente, se realizó la estimación con el período 2007-2019. De acuerdo con Serwa y Wdowinski (2016), este enfoque es particularmente útil cuando “el objetivo es buscar vínculos significativos entre variables económicas en lugar de identificar shocks económicos específicos”, lo que se ajusta al objetivo del presente trabajo.

RESULTADOS

Los resultados de la prueba de causalidad de Granger apoyan que, en general, las variables causan (en el sentido de Granger) la relación de salarios. Todas las variables rechazaban la hipótesis nula de no causalidad a un intervalo de confianza del 95%, a excepción del crecimiento económico (cuyo *valor p* fue de 0,162), el cambio en la tasa de interés real (0,206) y la relación de salarios (0,058).

El sistema de ecuaciones que constituye el VAR (1) es estable. Los valores propios se encuentran dentro del círculo unitario, como se observa en la figura 7.

Figura 7. Valores propios y círculo unitario.

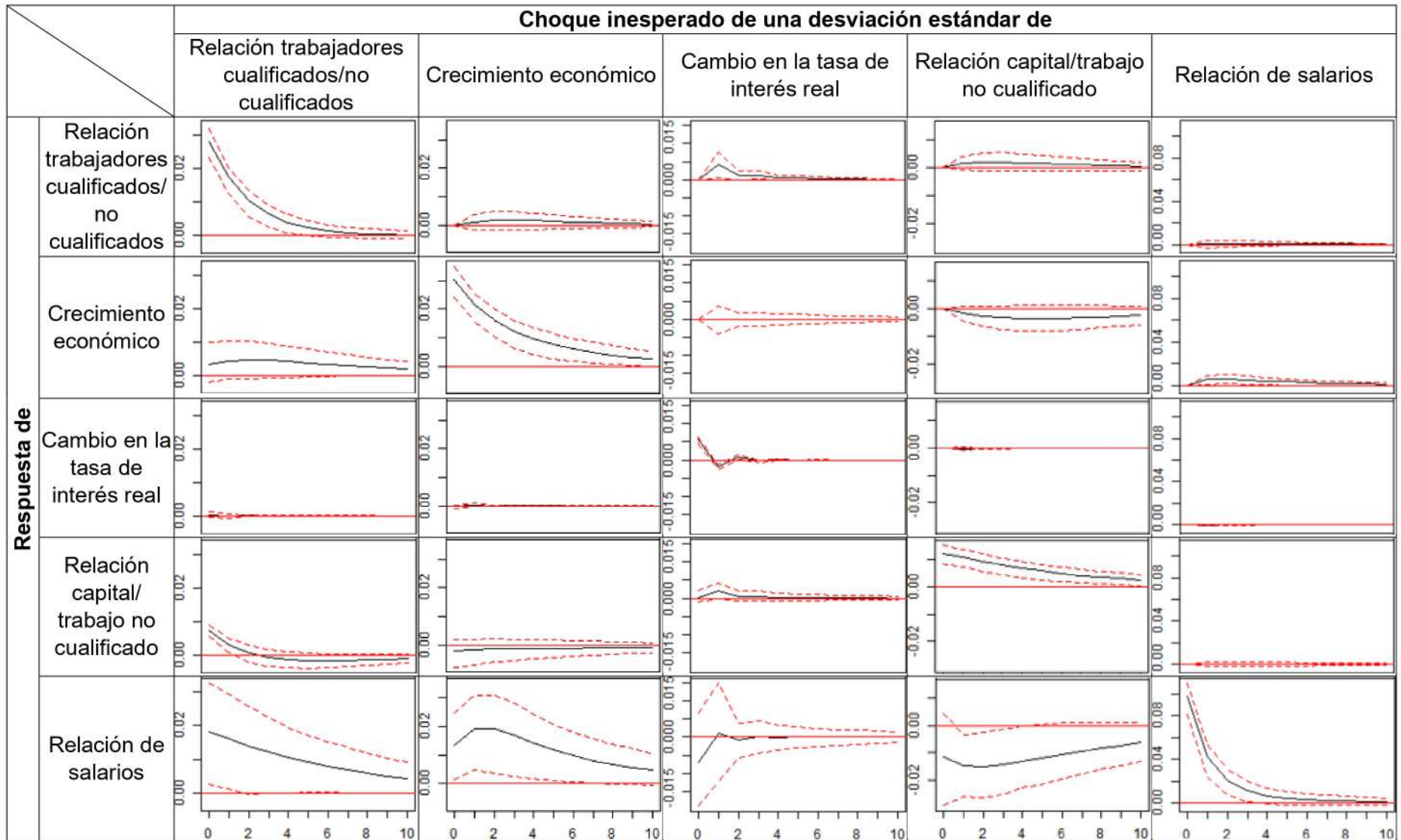


Nota: elaboración propia.

Se encuentra que la relación de salarios es sensible a impulsos de las relaciones trabajadores cualificados/no cualificados, capital/trabajadores no cualificados y crecimiento económico, pero no a las variaciones a la tasa de interés real, como se presenta en los impulso-respuesta del SVAR en la tabla 3. De manera más detallada, los choques (positivos e inesperados, cuyas magnitudes son una desviación estándar) en la relación trabajadores cualificados/no cualificados o en el crecimiento económico aumentan la relación de salarios de forma contemporánea. Cuando este choque ocurre en la relación capital/trabajo no cualificado, el efecto en la relación de salarios es negativo y a un período siguiente.

Otro resultado significativo que se desprende del modelo es la respuesta positiva de la relación capital/trabajo no cualificado ante un choque de la relación trabajadores cualificados/no cualificados. Las demás relaciones no fueron significativas a un intervalo de confianza del 95%.

Tabla 3. Impulsos respuesta del SVAR(1).



Nota: elaboración propia. Intervalo de confianza del 95%.

Los resultados anteriores son robustos ante la permutación de las variables crecimiento económico, cambio en la tasa de interés real y relación capital/trabajo no cualificado entre ellas. No obstante, los resultados son sensibles ante cambios en el orden de la primera y la última variable, ya que algunos de los efectos dejan de ser significativos en la relación de salarios. Por ejemplo, suponer que la relación de trabajadores cualificados/no cualificados es la segunda variable más endógena, hace que se pierda el efecto negativo que tiene la relación capital/trabajo no cualificado sobre la relación de salarios. Además, ante estas permutaciones, se observa en algunos casos una respuesta negativa de la relación capital/trabajo no cualificado ante choques de la relación trabajo cualificado/no cualificado, contrario a lo presentado en la tabla 3. El resto de los resultados se mantiene siempre que se considera la relación de salarios como la variable más endógena.

También son robustos los resultados cuando se estima el modelo tomando el período 2007-2019. Para este caso, un único impulso-respuesta adicional es significativo, el cual indica la respuesta negativa del crecimiento económico a un choque en la relación capital/trabajo no cualificado. El resto de los resultados son compartidos entre los ejercicios de ambos períodos (2007-2019 y 2007-2023).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

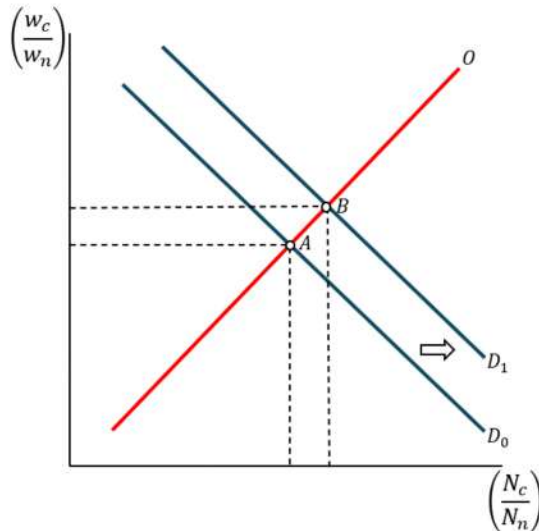
Entre los determinantes de la estructura de salarios en Colombia durante el período 2007 - 2023 se encuentran la relación trabajadores cualificados/no cualificados, la relación capital/trabajo no cualificado y el crecimiento económico. Los resultados son sugestivos en cuanto a que se trata de una economía que aparentemente tiene cambios técnicos sesgados en favor del trabajo cualificado y con alguna complementariedad entre el trabajo cualificado y el capital.

Por una parte, uno de los resultados que van en contravía de las hipótesis inicialmente consideradas es el siguiente: aumento de la relación de salarios ante incrementos en la relación trabajadores cualificados/no cualificados. Esto desafía el enfoque tradicional de la literatura según el cual la abundancia relativa de factores disminuye su remuneración, mientras que es compatible con los resultados de Acemoglu (2002; 2009) según los cuales un incremento de la oferta de fuerza laboral muy cualificada conduce a largo plazo a generar más cambio técnico sesgado en favor de una mayor demanda de trabajo cualificado, debido a que más empresas se animan a utilizar nuevas tecnologías.

La figura 8 presenta el mecanismo de oferta y demanda relativas de trabajadores cualificados y no cualificados, y muestra el paso de un equilibrio inicial A a un equilibrio B con mayor relación trabajadores cualificados/no cualificados y mayores salarios relativos. Este paso se da por un desplazamiento positivo de la demanda

relativa que podría deberse al aumento en el crecimiento económico con cambio técnico sesgado a los trabajadores cualificados. Esto es compatible con otro resultado: el impacto positivo de la relación trabajadores cualificados/no cualificados a la relación capital/trabajo no cualificado, que da evidencia de la complementariedad entre capital y trabajo cualificado.

Figura 8. Mecanismo de oferta y demanda relativas del mercado de trabajo por nivel de cualificación ante un choque positivo de la relación trabajadores cualificados/no cualificados.



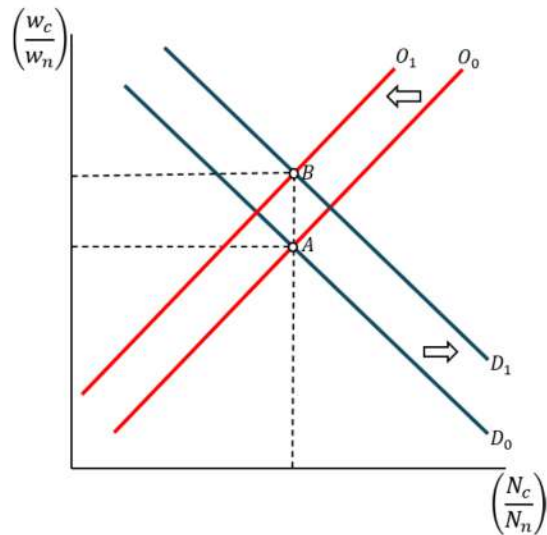
Nota: elaboración propia.

Los demás resultados son consistentes con las hipótesis iniciales. De acuerdo con la tabla 3, un choque positivo del crecimiento económico implica un aumento en la relación de salarios sin alterar la relación trabajadores cualificados/no cualificados. El mecanismo implicado puede ser un aumento de la demanda de trabajadores cualificados por el cambio técnico sesgado a la cualificación y, a su vez, una contracción de la oferta de trabajadores cualificados por un efecto ingreso si el crecimiento económico viene acompañado de un aumento en los ingresos no laborales en familias relativamente cualificadas. Esto se observa en la figura 9, en la que de un estado inicial A se pasa a un estado B con mayor relación de salarios, pero sin cambios en la relación trabajadores cualificados/no cualificados.

Por otra parte, el aumento de la relación capital/trabajadores no cualificados disminuye el salario relativo de los cualificados como es presentado en la figura 10. El aumento del capital con respecto al trabajo no cualificado disminuye la demanda relativa de trabajadores cualificados debido al aumento de la productividad marginal del trabajo no cualificado, lo que desplaza la curva de demanda relativa a la izquierda. A su vez, el aumento del capital generaría la transición de personas cualificadas de la inactividad a la población económicamente activa, lo que desplaza la curva de oferta relativa a la derecha. El resultado es una disminución de los

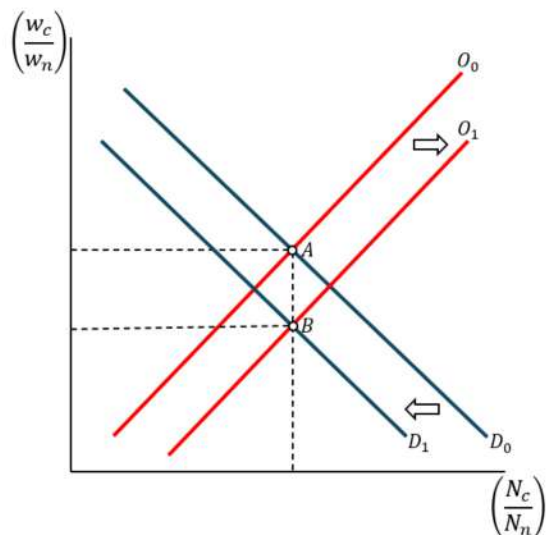
salarios relativos sin cambios en la relación trabajadores cualificados/no cualificados.

Figura 9. Mecanismo de oferta y demanda relativas del mercado de trabajo por nivel de cualificación ante un choque positivo del crecimiento económico.



Nota: elaboración propia.

Figura 10. Mecanismo de oferta y demanda relativas del mercado de trabajo por nivel de cualificación ante un choque positivo de la relación capital/trabajo no cualificado.



Nota: elaboración propia.

En conclusión, al observar las series de las figuras 3, 4 y 6 y compararlas con los resultados de los impulso-respuestas, se puede explicar el comportamiento a la baja de la relación de salarios por choques positivos repetidos de la relación capital/trabajo no cualificado y choques negativos repetidos en el crecimiento económico.

Dentro de las limitaciones del trabajo, el modelo parece presentar un problema de falta de identificación de la curva de oferta de trabajo relativo. En el planteamiento del modelo, se consideró a la relación trabajadores cualificados/no cualificados como la menos endógena ya que se tomaba como la oferta relativa. Los razonamientos presentados que acompañan las figuras 8, 9 y 10 no apoyan la hipótesis de una curva de oferta inelástica, lo que cuestiona si los datos están capturando realmente la oferta relativa de trabajadores cualificados.

Para futuros trabajos, sería apropiado cuestionar la metodología utilizada en el presente documento. Sería pertinente formular un modelo matemático que restrinja la interacción entre las variables de acuerdo con enfoques teóricos para probar su ajuste, de manera que la forma en la que se restringen dichas interacciones no sea de una manera discrecional.

Además, sería adecuado explorar otras metodologías para la estimación de relaciones entre las variables enunciadas en el estudio de la determinación de salarios. El SVAR implica un tratamiento de los datos en el que, al velar por su estacionariedad, se quita su tendencia determinística, lo que podría eliminar la posibilidad de cointegración entre variables. Para futuras investigaciones, sería pertinente utilizar modelos que incluyan relaciones de cointegración o de largo plazo en su estimación, como el modelo de corrección de errores vectoriales (VECM) o el modelo autorregresivo de rezagos distribuidos (ARDL).

El presente trabajo es un aporte al estudio de la estructura de salarios en Colombia incluyendo el período postpandemia, con resultados que cuestionan los enfoques tradicionales. Si bien no está dentro de los objetivos proponer políticas educativas o laborales, los resultados encontrados son interesantes en el entendimiento del mercado laboral del país y de los incentivos en la toma de decisiones de educación, inversión y contratación.

REFERENCIAS

- Acemoglu, D. (2002). Directed technical change. *Review of Economic Studies*, 69(4), 781–809.
- Acemoglu, D. (2009). *Introduction to modern economic growth*. Princeton University Press.
- Acemoglu, D., & Autor, D. (2011). Skills, tasks, and technologies: Implications for employment and earnings. En O. Ashenfelter & D. Card (Eds.), *Handbook of labor economics* (Vol. 4, pp. 1043–1171). Elsevier.
- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2018). The race between machine and man: Implications of technology for growth, factor shares, and employment. *American Economic Review*, 108(6), 1488–1542.
- Arango, L. E., Posada, C. E., & Uribe, J. D. (2005). Cambios en la estructura de los salarios urbanos en Colombia, 1984-2000. *Lecturas de Economía*, 63, 9-41.
<https://revistas.udea.edu.co/index.php/lecturasdeeconomia/article/view/2656/2115>
- Autor, D. (2017). How long has this been going on? A discussion of 'Recent flattening in the higher/education wage premium: Polarization, skill downgrading, or both?'. En *NBER Conference on Research and Income in Wealth: Measuring and accounting for innovation in the 21st century*, Washington, D.C.
- Banco de la República. (s.f.). Estadísticas TES.
<https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/tes>
- Barrios, F., Castellanos, M., Álvarez, D., & Riveros, M. (2022). The impact of new technologies on wages in Colombia: An analysis with Quality-of-life survey. *Panorama Económico*, 30(3), 140–153. <https://doi.org/10.32997/pe-2022-4214>
- Becker, G. (1977). *Teoría económica* (1ª ed. en español, basada en la 1ª ed. en inglés de 1971). Fondo de Cultura Económica.
- Berlingieri, G., Boeri, F., Lashkari, D., & Vogel, J. (2024). Capital-skill complementarity in firms and in the aggregate economy (Working Paper No. 33000). National Bureau of Economic Research.
<https://doi.org/10.3386/w33000>

- Blundell, R., Green, D. A., & Jin, W. (2022). The U.K. as a technological follower: Higher education expansion and the college wage premium. *The Review of Economic Studies*, 89(1), 142–180. <https://doi.org/10.1093/restud/rdab034>
- Buera, F. J., Kaboski, J. P., Rogerson, R., & Vizcaino, J. I. (2022). Skill-biased structural change. *The Review of Economic Studies*, 89(2), 592–625. <https://doi.org/10.1093/restud/rdab035>
- Cárdenas, M., & Bernal, R. (1998). Wage inequality and structural reform: Evidence from Colombia. Fedesarrollo. https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/1679/Report_sm_1995_Cardenas_y_Bernal.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Chen, C. (2020). Capital-skill complementarity, sectoral labor productivity, and structural transformation. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 116, Article 103902. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2020.103902>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (s.f.-a). Indicador de seguimiento a la economía (ISE). <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/indicador-de-seguimiento-a-la-economia-ise>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (s.f.-b). MERCLAB: Microdatos. <https://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/MERCLAB-Microdatos>
- Galor, O., & Moav, O. (2000). Ability-biased technological transition, wage inequality, and economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 115(2), 469–497.
- Goldin, C., & Katz, L. F. (2007). The race between education and technology: The evolution of U.S. educational wage differentials, 1890 to 2005. (Working paper No. 12984). <https://www.nber.org/papers/w12984>
- Herrera-Idárraga, P., López-Bazo, E., & Motellón, E. (2016). Regional wage gaps, education and informality in an emerging country: The case of Colombia. *Spatial Economic Analysis*, 11(4), 432–456. <https://doi.org/10.1080/17421772.2016.1190462>
- Jiang, H., Wang, X., & Liu, C. (2024). Automated machines and the labor wage gap. *Technological Forecasting and Social Change*, 206, Article 123505. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123505>

- Katz, L. F., & Murphy, K. M. (1992). Changes in relative wages, 1963-1987: Supply and demand factors. The MIT Press.
<http://www.jstor.org/stable/2118323?origin=JSTOR-pdf>
- Krusell, P., Ohanian, L., Ríos-Rull, J., & Violante, G. (2000). Capital-skill complementarity and inequality: A macroeconomic analysis. *Econometrica*, 68(5), 1029–1053.
- Messina, J., & Silva, J. (2021). Twenty years of wage inequality in Latin America. *The World Bank Economic Review*, 35(1), 117–147.
<https://doi.org/10.1093/wber/lhz029>
- Moritz, S., Gatscha, S., Wang, E., & Hause, R. (2022). Time series missing value imputation. Package “imputeTS” (Version 3.3). <https://cran.r-project.org/web/packages/imputeTS/imputeTS.pdf>
- Posso, C. M. (2008). Desigualdad salarial en Colombia 1984-2005: Cambios en la composición del mercado laboral y retornos a la educación post-secundaria. *Borradores de Economía*, 529.
<https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/pdfs/borra529.pdf>
- Programa de las Naciones Unidas para Colombia. (2023). Educación: Motor de igualdad, crecimiento y desarrollo. Cuaderno 4 del Informe de Desarrollo para Colombia 2023. <https://www.undp.org/es/colombia/publicaciones/informe-desarrollo-humano-colombia-educacion-igualdad-crecimiento-desarrollo-humano>
- Kyui, N., & Radchenko, N. (2021). The changing composition of academic majors and wage dynamics: Beyond mean returns. *Journal of Comparative Economics*, 29(2), 358–381. <https://doi.org/10.1016/j.jce.2020.07.009>
- Santamaría, M. (2001). External trade, skill, technology and the recent increase of income inequality in Colombia. *Planeación y Desarrollo*, 32(2), 187–254. Departamento Nacional de Planeación.
- Serwa, D., & Wdowinski, P. (2016). Macro-financial linkages in the Polish economy: Combined impulse-response functions in SVAR models (NBP Working Paper No. 246). <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2845737>
- Vargas, C. O., Arango, L. E., & Hamann, F. A. (2013). Cambio tecnológico y desigualdad de salarios: Colombia, 1984-2010. En *El mercado de trabajo en Colombia: Hechos, tendencias e instituciones* (Vol. 1, pp. 211–251). Banco de la República de Colombia. <https://hdl.handle.net/20.500.12134/6567>