

## Cambio técnico y polarización en el mercado laboral. Evidencia para Colombia\*

Technical Change and Polarization in the Labor Market:  
The Evidence from Colombia

*Carlos Medina  
y Christian Posso\*\**

### ABSTRACT

*Background:* The canonical model of the labor market (Acemoglu, 2002), with two skill groups performing two distinct and imperfectly substitutable tasks, has proven to be unable to explain some features of the labor market. We test whether there is enough evidence in favor of the polarization hypothesis on the Colombia labor market.

*Methods:* We use occupations descriptions to build technology-use related tasks intensities, and match them to series of cross sections of household survey data in order to evaluate to what extent the reallocation of workers across occupations that require different tasks intensities are consistent with the Polarization hypothesis.

*Results:* We find an increase of employments at the extremes of the wage or skill occupations distribution, particularly pronounced in the period when the availability of technologies increased, and their prices substantially dropped.

*Conclusions:* Overall, our results provide support for the polarization hypothesis in Colombia.

\* Artículo recibido el 31 de mayo de 2017 y aceptado el 25 de octubre de 2017. Los autores agradecen los comentarios y sugerencias de Hugo López, Francisco Lasso, Francesco Bogliacino y los participantes del seminario celebrado en el Banco de la República, en Bogotá y Medellín; asimismo, agradecen a Jorge Eliecer Giraldo la asistencia brindada con su investigación. Las opiniones expresadas en este espacio son de los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista del Banco de la República de Colombia o de su Junta de Directivos. Los errores remanentes son responsabilidad de los autores. [Traducción del inglés de Fausto José Trejo.]

\*\* Banco de la República de Colombia (correos electrónicos: [cmedu@banrep.gov.co](mailto:cmedu@banrep.gov.co) y [cpososu@banrep.gov.co](mailto:cpososu@banrep.gov.co)).

*Key words:* wage inequality; canonical model of labor market; polarization hypothesis. *JEL Classification:* J3, D3, O3.

## RESUMEN

*Antecedentes:* El modelo canónico del mercado de trabajo (Acemoglu, 2002), con dos grupos de mano de obra cualificada que realizan dos tareas distintas e imperfectamente sustituibles, ha demostrado ser incapaz de explicar algunas características del mercado de trabajo. Se evalúa si hay suficientes evidencias que respalden la hipótesis de que existe una polarización en el caso del mercado laboral colombiano.

*Métodos:* Se utilizan descripciones de ocupaciones para construir intensidades de tareas relacionadas con el uso de la tecnología y se las pone en correspondencia con series de secciones representativas de encuestas aplicadas en los hogares para evaluar hasta qué grado la reasignación de trabajadores por medio de ocupaciones que requieren diferentes intensidades de tareas es consistente con la hipótesis de la polarización.

*Resultados:* Se encontró un incremento del empleo en los extremos de la distribución de los salarios y/o las ocupaciones cualificadas, particularmente pronunciado en el periodo en el que aumentó la disponibilidad de tecnologías, y los precios de éstas disminuyeron considerablemente.

*Conclusiones:* En general, los resultados aportan evidencia a favor de la hipótesis de la polarización del mercado laboral en Colombia.

*Palabras clave:* desigualdad salarial; modelo canónico del mercado laboral; hipótesis de polarización. *Clasificación JEL:* J3, D3, O3.

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con un amplio conjunto de investigaciones, el cambio técnico cumple un papel importante en la forma en que ha evolucionado la desigualdad de ingresos al introducir tecnologías, bien dirigidas a sustituir la mano de obra cualificada (con un sesgo a favor del trabajo no cualificado), o bien encaminadas a reemplazar la mano de obra no cualificada (con un sesgo que beneficia al trabajo cualificado).<sup>1</sup> Hoy en día existe un amplio consenso de que durante la mayor parte del siglo XX el cambio

<sup>1</sup> Acemoglu (2002 y 2007) hace un repaso de la vasta evidencia reunida en la literatura al respecto. El argumento central es que las tecnologías abocadas a sustituir la mano de obra cualificada se desarrollaron de modo endógeno en la Gran Bretaña del siglo XIX, en tanto que aquellas encaminadas a reemplazar la mano de obra no cualificada se desarrollaron de manera igualmente endógena a lo largo de la mayor parte del siglo XX, dado que en cada uno de estos periodos era más rentable para las com-

técnico mostró su predilección por la mano de obra cualificada, tanto en las economías del mundo desarrollado como en las del mundo en desarrollo, particularmente en América Latina.<sup>2</sup> Los aumentos en la demanda relativa de trabajadores cualificados *vs.* no cualificados se han registrado en el caso de varios países latinoamericanos, incluidos Argentina, Brasil, Colombia y México.<sup>3</sup>

Aun así, una literatura bastante extensa ha asociado los cambios ocurridos en los índices de desigualdad y en el crecimiento del empleo a la polarización laboral. Según Acemoglu y Autor (2012), la polarización en los puestos de trabajo ocurre cuando se da un crecimiento simultáneo del empleo para las ocupaciones de alta cualificación con remuneraciones elevadas y del empleo para las ocupaciones de baja cualificación con remuneraciones escasas. Acemoglu y Autor (2011) introdujeron el modelo ricardiano del mercado laboral, el cual analiza formalmente la hipótesis de polarización en el mercado laboral.

Hasta la década de 1980 el estudio de la desigualdad de ingresos en Colombia se vinculó en su mayor parte al acceso a la educación y a la evolución percibida en las retribuciones de ésta. Por ejemplo, Londoño (1990) atribuyó el decrecimiento en la desigualdad de ingresos que tuvo lugar hasta la década de 1980 a la expansión del acceso a la educación. Se trata de las implicaciones que suele tener el modelo estándar de la oferta y la demanda, pero hay que señalar que ese enfoque ignora las limitantes asociadas a las variaciones en las tecnologías que se manejan en los procesos de producción.<sup>4</sup> No fue sino hasta finales de la década de 1990 y durante la década de 2000 cuando varios autores comenzaron a sopesar minuciosamente el papel que desempeña el cambio técnico en la desigualdad de ingresos usando diferentes enfoques, como el propuesto por Katz y Murphy (1992) y Acemoglu (2002), el cual es

pañías potencialmente innovadoras enfocarse en los mercados de trabajo no cualificado y cualificado, respectivamente.

<sup>2</sup> Véase la reseña de la literatura correspondiente que elabora Acemoglu (2002), en la que se incluye también la evidencia sobre las economías del mundo en desarrollo.

<sup>3</sup> Véase Sánchez-Páramo y Schady (2003) para la evidencia de incrementos notables en la demanda relativa de trabajadores cualificados en Argentina, Chile, Colombia y México. Estos autores hallan que en el caso de Brasil se da una variación muy moderada de esta clase de demanda.

<sup>4</sup> De acuerdo con Londoño (1990), la proporción de salarios entre los trabajadores que completaron el ciclo de educación media superior y aquellos que no recibieron educación fue de 5.3 en la década de 1930 y de 9.1 en la de 1960, mientras que la proporción entre los trabajadores que concluyeron los estudios universitarios y aquellos desprovistos de formación educativa alguna fue de 10.6 en la década de 1930 y de 28.8 en la de 1960; en ambos casos, las cifras eran mucho más altas de lo que han sido a partir de la década de 1980.

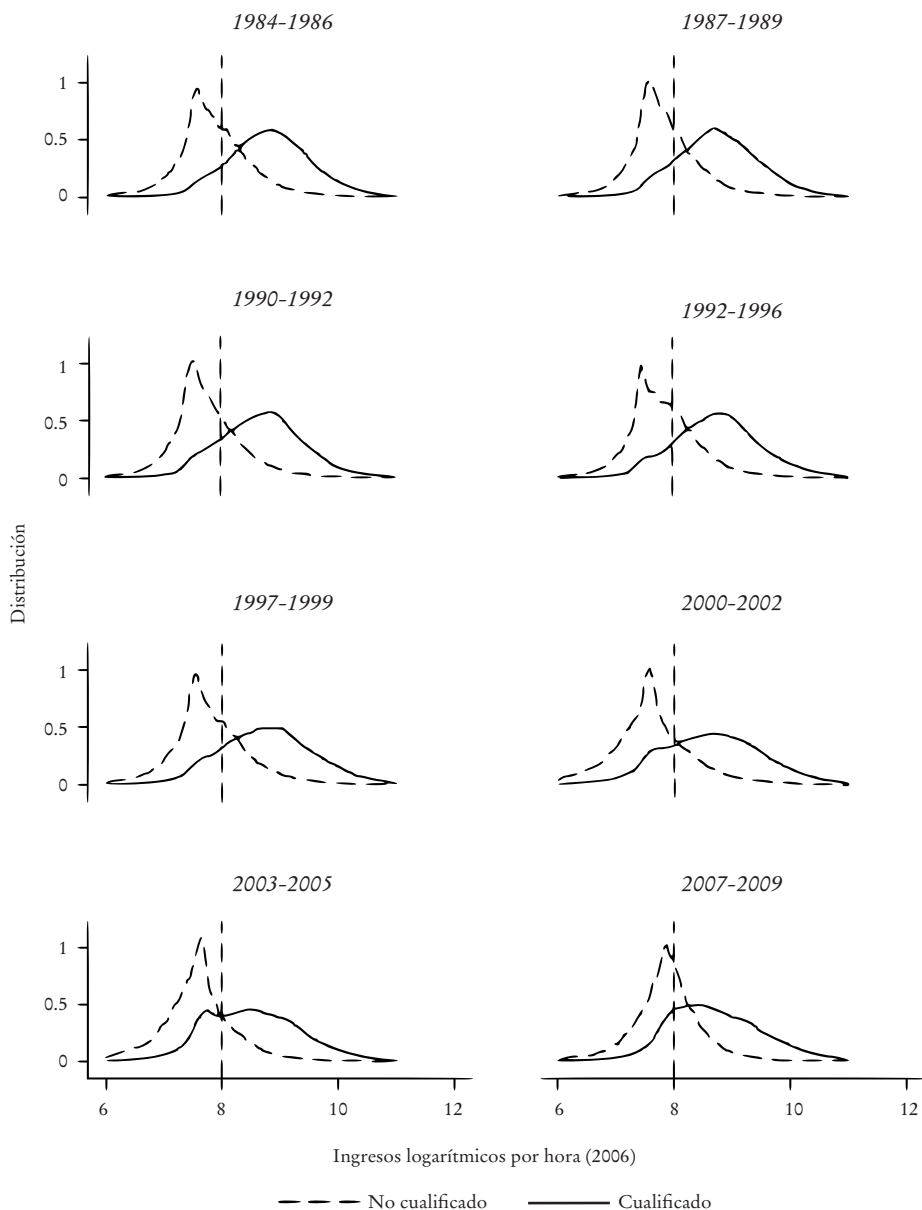
conocido como el modelo canónico del mercado de trabajo. Si bien la mayoría de los investigadores ha hallado evidencia a favor del modelo canónico,<sup>5</sup> lo cierto es que éste obstaculiza la predicción de varias regularidades empíricas que se hacen visibles en el mercado de trabajo colombiano una vez que lo observamos en periodos más largos.

Hay dos razones por las que el modelo canónico resulta insuficiente para analizar los datos de Colombia. En primer lugar, este modelo predice que se genera un aumento en la desigualdad de ingresos a lo largo de la distribución de ingresos, y que la cantidad que perciben los trabajadores se incrementa a medida que se han beneficiado de recibir una educación antes de que ocurrieran los cambios técnicos. Sin embargo, tal como aconteció en los Estados Unidos, Canadá y Europa, en el mercado laboral colombiano se observa que los ingresos de los trabajadores ubicados en la parte media de la distribución del ingreso han disminuido en relación con los de los trabajadores situados en el extremo inferior de la distribución del ingreso. En segundo lugar, aun cuando el aumento de la desigualdad en los ingresos que se observa entre los trabajadores cualificados guarda una estrecha correspondencia con el modelo canónico, la evolución hacia una desigualdad de ingresos duradera o incluso más acusada entre los trabajadores no cualificados no se ajusta en modo alguno al modelo canónico.

Las gráficas 1 y 2 proporcionan evidencias generales de las insuficiencias que caracterizan a este modelo en el caso de Colombia. La gráfica 1 muestra las distribuciones de los salarios logarítmicos por hora para los varones durante el periodo 1984-2009, tanto en el caso de los trabajadores cualificados como en el de los no cualificados. Durante este periodo la distribución salarial de los trabajadores de sexo masculino no cualificados se desplazó ligeramente hacia la derecha y alcanzó la igualdad. Adicionalmente, la distribución salarial de los trabajadores cualificados se volvió más aplanada y contó con una participación más abundante de individuos bajo el nivel de 8 en el eje  $x$  de la gráfica 1, lo cual implica que una porción de los varones cualificados ubicados en la parte media de la distribución se movió hacia la izquierda. Semejante regularidad indica que conforme se volvía más nutrida la totalidad de trabajadores con ingresos bajos, ya fueran cualificados o no cualificados, los que poseían una escasa cualificación tenían un aumento en sus ingresos.

<sup>5</sup> Véase, por ejemplo, Núñez y Sánchez (1998a); Cárdenas y Bernal (1999); Robbins (2001); Attanasio, Goldberg y Pavcnik (2003); Arango, Posada y Uribe (2004), y Santa María (2004).

GRÁFICA 1. *Evolución seguida en la distribución de los salarios logarítmicos por hora para los varones, durante el periodo 1984-2009*



Núcleo: Epanechnikov. Ancho de banda = 0.06

FUENTE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), encuestas aplicadas a los hogares en siete ciudades principales colombianas. Cálculos propios.

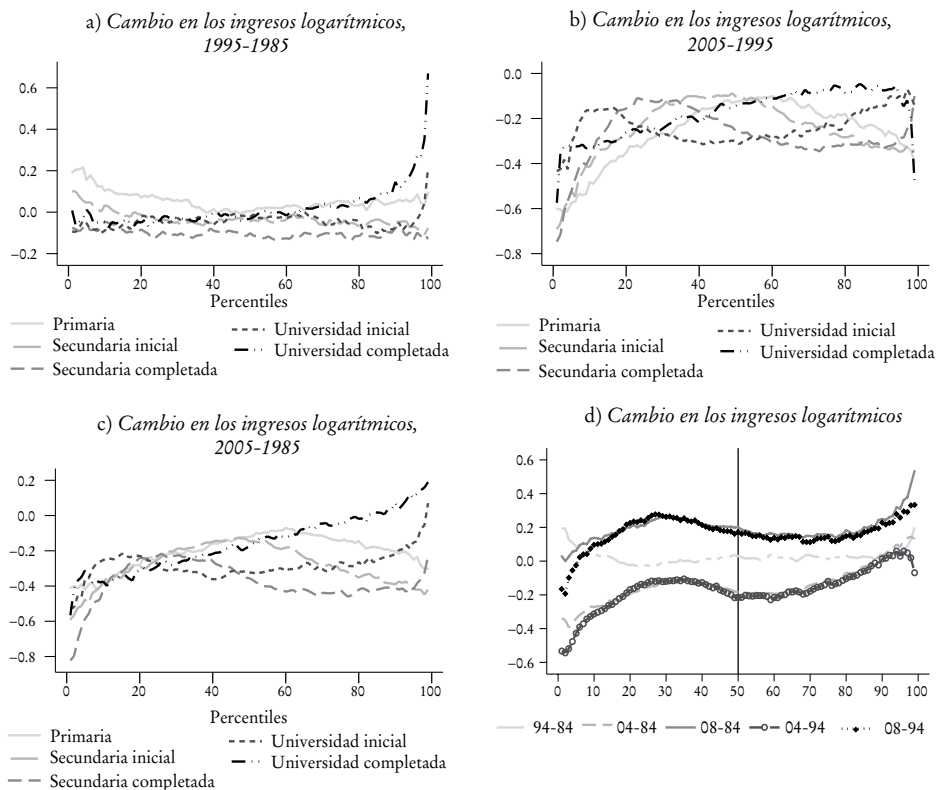
La gráfica 2 muestra los cambios en los salarios promedio por percentiles de salario tomando en consideración los distintos niveles de escolaridad para tres periodos: 1985-1995, 1995-2005 y 1985-2005; asimismo, da cuenta de la muestra completa durante los diferentes periodos.<sup>6</sup> En el periodo 1985-1995 los salarios de la población con menos escolaridad se igualaron. En contraste con ello, debe apuntarse que el ensanchamiento de la brecha salarial entre los trabajadores cualificados y los no cualificados se debió ante todo al elevado aumento de los ingresos que tuvieron los trabajadores de sexo masculino ubicados en el percentil más alto de la distribución. Durante el periodo 1995-2005 la brecha salarial entre los trabajadores que habían completado la educación secundaria o media y aquellos que sólo contaban con la educación primaria o no habían terminado el ciclo de educación secundaria o media se redujo hasta alcanzar el cuadragésimo percentil más bajo de la distribución salarial, pero se incrementó en el caso del resto de los trabajadores. A la inversa, únicamente los trabajadores con un grado superior de escolaridad ubicados en el septuagésimo percentil (o más arriba aún) se enfrentaron al aumento de la brecha salarial que los separaba de los trabajadores de sexo masculino no cualificados.

Finalmente, la gráfica 2d muestra los resultados para todo el conjunto de los trabajadores. La gráfica revela un patrón semejante al que reportaron para los Estados Unidos Autor, Katz y Kearney (2006 y 2008), con dos excepciones: la primera, que en el caso colombiano, tras la crisis económica de fines de la década de 1990, hubo una notable reducción de los salarios promedio de todos los grupos de trabajadores; la segunda, que entre 1995 y 2005 o 2008 la curva presenta una forma de U mucho más pronunciada que la de los Estados Unidos, pero esto sólo corresponde al 75% más elevado en la distribución del ingreso. No carece de importancia destacar que los patrones del modelo canónico no predicen la forma de U de la gráfica en cuestión, sino que en lugar de ello indicarían una pauta continua de incremento en la desigualdad de ingresos a lo largo de la distribución del ingreso.

Los modelos recientes que introducen la dimensión de las tareas en la función de la producción (véase Acemoglu y Autor, 2011; Goos y Manning, 2007, y Benzell *et al.*, 2015) pueden proporcionar un esquema más ade-

<sup>6</sup> Estimamos como año inicial 1985, que es precisamente cuando comienzan los datos que hemos recabado. A continuación analizamos las siguientes décadas. Los resultados no se alteran si en vez de 1985 utilizamos otros años, como 1986, 1987 1988 y 1989, y luego analizamos las décadas subsiguientes.

GRÁFICA 2. Cambios en los salarios reales por hora, en expresión logarítmica, de acuerdo con el nivel educativo y en percentiles, 1985-2005



FUENTE: DANE, encuestas aplicadas a los hogares en siete ciudades principales colombianas. Cálculos propios.

cuado para los datos de Colombia. Estos modelos dan origen a diferentes hipótesis, tales como las de la polarización en el mercado laboral y el sesgo a favor de quienes poseen habilidades.

En el presente artículo empleamos los datos de la encuesta de hogares de Colombia a fin de dar fundamento a la hipótesis<sup>7</sup> sobre el mercado laboral en ese país. En particular, indagamos si existe una covarianza positiva entre el incremento de los salarios en los puntos extremos de la distribución salarial y el aumento del empleo en los extremos de la distribución de las habilidades o los salarios promedio correspondientes a las distintas ocu-

<sup>7</sup> La hipótesis de la polarización también es denominada como el cambio técnico sesgado a favor de las tareas: la hipótesis TBTC por sus siglas en inglés (*Task Biased Technical Change*).

paciones. Comenzamos por presentar evidencia de que las tareas que con mayor probabilidad repercuten en los ingresos de los trabajadores colombianos son las que requieren la adopción intensiva de las tecnologías computacionales; estas tareas se llevan a cabo en las ocupaciones caracterizadas por tener salarios y habilidades concentradas en la mitad de la distribución y son más intensivas en actividades rutinarias que se pueden computarizar. A continuación, aportamos pruebas de que la hipótesis de la polarización bien puede haberse materializado en Colombia. También documentamos la forma agresiva en que se introdujo el uso de computadoras en Colombia y las sustanciales reducciones que hubo allí en el costo del capital computacional desde fines de la década de 1990.

La polarización en Colombia habría conducido a un aumento en la oferta de mano de obra no cualificada para tareas manuales en relación con las actividades de rutina y a un incremento en la oferta de mano de obra cualificada para tareas de índole abstracta en relación con actividades rutinarias. En el caso de este país, las reducciones en el costo del capital computacional habrían abierto el paso a un incremento en el salario de los trabajadores no cualificados a cargo de ejecutar tareas manuales en relación con los que realizan actividades de rutina. De modo similar, un aumento registrado en el salario de los trabajadores cualificados a cargo de tareas de naturaleza abstracta, en relación con el de los trabajadores que llevan a cabo actividades rutinarias, habría contribuido a una reducción en la desigualdad de ingresos entre los trabajadores no cualificados y a un aumento en la desigualdad de ingresos entre los trabajadores cualificados.

Hasta donde sabemos, este estudio es el primero en aportar pruebas empíricas de los efectos causados por la hipótesis de la polarización en un país de la región de América Latina y el Caribe y en complementar, mediante esta contribución, los esfuerzos hechos previamente para evaluar el fenómeno de la polarización en los Estados Unidos, Canadá y varias naciones europeas.<sup>8</sup>

El presente trabajo se articula en cuatro secciones. En la sección I se ofrece un breve examen crítico de la literatura teórica concerniente a este asunto y se presenta un marco teórico más general, llamado modelo ricardiano

<sup>8</sup> Véanse por ejemplo los trabajos de Autor, Levy y Murnane (2003); Goos y Manning (2007); Goos, Manning y Salomons (2009); Spitz (2006); Autor, Katz y Kearney (2006); Dustmann, Ludsteck y Schönberg (2007); Autor, Katz y Kearney (2008); Green y Benjamin (2014); Acemoglu y Autor (2011); Beaudry, Green y Sand (2013), y Green y Sand (2014).



del mercado laboral, dentro del cual se precisa la diferenciación entre dos dimensiones, las habilidades y las tareas, y en el que se da cabida tanto al escrutinio de la hipótesis tradicional sesgada hacia las habilidades como al de la hipótesis de la polarización. En la sección II se describen los datos. En la sección III se evalúa de nuevo la hipótesis del cambio técnico sesgado a favor de las habilidades —o hipótesis SBTC, por sus siglas en inglés— para el caso de Colombia. En la sección IV se brindan evidencias específicas sobre los patrones de polarización que se han documentado en los Estados Unidos, Canadá y Europa, y que guardan coherencia con el modelo teórico en cuestión. Finalmente, se presentan las conclusiones.

## I. EL MODELO RICARDIANO DEL MERCADO LABORAL

### 1. *El modelo canónico del mercado laboral vs. el modelo ricardiano del mercado laboral*

Hay una amplia variedad de hipótesis que se proponen explicar la evolución seguida por la desigualdad salarial entre los trabajadores, y la mayoría de ellas se han enfocado en la evolución del salario relativo de los trabajadores cualificados respecto del de los no cualificados. Recientemente, una nueva perspectiva ha hecho hincapié en que tipos específicos de tareas realizadas por trabajadores de distintas habilidades se pueden sustituir por las tecnologías involucradas en el proceso de producción.

La literatura sobre la distribución salarial y el regreso a la escuela ha sido minuciosamente reseñada por Acemoglu y Autor (2011) y Acemoglu (2002). El punto de partida de este acervo bibliográfico es el hecho de que la preponderancia concedida a las habilidades ha crecido sustancialmente en las últimas décadas, más allá del hecho de que se haya registrado un aumento notable en la oferta relativa de individuos con educación universitaria. Semejante resultado implica que la economía ha experimentado un crecimiento notable en lo referente a la demanda relativa de habilidades, el cual —de acuerdo con la hipótesis central de dicha literatura— ha sido guiado por el SBTC. Esas regularidades se han conceptualizado en el marco teórico del modelo canónico del mercado laboral: una aproximación que ha sido ampliamente verificada en la literatura internacional.

Recientemente, Acemoglu y Autor (2011) propusieron un marco teórico más general que se conoce como el modelo ricardiano del mercado laboral

(RMLM, por sus siglas en inglés).<sup>9</sup> El modelo que construyeron obedece al propósito de subsanar las dos fallas más notorias del modelo canónico: *i*) éste impone una correspondencia idéntica entre habilidades y tareas, y *ii*) el aspecto de la tecnología: si un modelo considerara a ésta como un factor endógeno, sería capaz de potenciar su poder predictivo.

El RMLM considera tres tipos de trabajadores de acuerdo con sus habilidades: de nivel bajo, medio y alto. Los trabajadores cuentan con diversas ventajas comparativas en algunas clases de tareas. El modelo supone que existe un continuo de tareas que, tomadas en conjunto, dan por resultado un producto final único. En términos generales, este marco da por sentado que las denominadas “tareas” son insumos que conducen a un producto final y que una habilidad consiste en las capacidades de las que está dotado un trabajador para ejecutar distintas tareas. Después, cada individuo aplica su dotación de habilidades a una tarea específica con el propósito de crear nuevas unidades del producto final. Es importante reparar en que las habilidades no dan origen directamente a ningún producto final.

Acemoglu y Autor (2011) sostienen que la diferenciación entre habilidades y tareas cobra relevancia cuando los trabajadores provistos de una habilidad específica pueden potencialmente llevar a cabo una variedad de tareas. Esta observación es relevante a la hora de analizar el mercado laboral porque los trabajadores podrían efectuar un cambio en las tareas que llevan a cabo en respuesta a los cambios técnicos o como reacción a la conmoción exógena provocada por el arribo de máquinas destinadas a reemplazar tareas. A continuación se presentan las implicaciones clave de la versión básica del RMLM desarrollada por Acemoglu y Autor (2011). En el apéndice se presenta el modelo completo, incluidas las condiciones de equilibrio y de ausencia de arbitraje.

## 2. Principales características del RMLM

En esta sección se describen brevemente las implicaciones cruciales del modelo teórico desarrollado por Acemoglu y Autor (2011), el cual formalmente permite emprender el análisis de la hipótesis de la polarización en el mercado laboral, tal como la introdujeron Goos y Manning (2007). El modelo da por supuesto que la economía es de tipo cerrado, que todos los mer-

<sup>9</sup> Este modelo se relaciona estrechamente con los enfoques centrados en tareas que propusieron Acemoglu y Zilibotti (2001) y Acemoglu, Gancia y Zilibotti (2015).

cados son competitivos y que no es posible realizar intercambio alguno de las tareas. Adicionalmente, sólo existen tres tipos de insumos en el mercado laboral: los trabajadores con habilidades altas, medias y bajas,<sup>10</sup> los cuales presentan una oferta fija e inelástica, así como el capital computacional. La economía dispone de un producto final único, cuya elaboración resulta de la combinación de un continuo de tareas representado por el intervalo (0,1). La función de producción de la economía es la siguiente:

$$Y = \exp \left[ \int_0^1 \ln y_i \, di \right] \tag{1}$$

donde  $Y$  denota el producto final,  $y_i$  es el nivel de la tarea  $i$  y su función de producción está determinada por la siguiente ecuación:

$$y_i = A_L \alpha_{L_i} l_i + A_M \alpha_{M_i} m_i + A_H \alpha_{H_i} h_i + A_K \alpha_{K_i} k_i \tag{2}$$

donde  $A_j$  es la tecnología en su capacidad de incrementar los factores<sup>11</sup> y  $\alpha_j$  es la productividad de las tareas llevadas a término por cada clase de aportación o insumo, los trabajadores dotados de una habilidad baja ( $L$ ), media ( $M$ ) o elevada ( $H$ ), así como por el capital o la tecnología ( $K$ ). Cada una de las tareas podría ejecutarse por una combinación de trabajadores con una habilidad alta, media y baja, entre quienes habría un perfecto grado de sustitución. No obstante, las ventajas comparativas que existirían dependiendo de los diversos grupos formados de acuerdo con las habilidades habrían de estar determinadas por la productividad de cada factor tal como incide en la elaboración de tareas ( $\alpha_j$ ). El salario para cada tipo de trabajador se obtiene mediante  $w_j$ , donde  $j = L, M, H$ .

De haber equilibrio (véase el apéndice) existirán umbrales entre las diversas tareas ejecutadas por una cierta cantidad de trabajadores cualificados; esos puntos limítrofes se desprenden de  $I_L$  e  $I_H$ , y son tales que  $0 < I_L < I_H < 1$ .<sup>12</sup> Los umbrales responderán de manera endógena tanto a los cambios técnicos como a los cambios en la oferta relativa. Finalmente, las ecuaciones de la proporción salarial, mediante las que se estimó la preponderancia concedida a las habilidades, están dadas por:

<sup>10</sup> Acemoglu y Autor (2011) desarrollan extensiones que incluyen el capital y la deslocalización.

<sup>11</sup> De igual forma, la tecnología en su capacidad de incrementar los factores,  $A_j$ , se define como el factor del cambio técnico sesgado a favor de la habilidad. Por ejemplo,  $A_H$  es el SBTC elevado.

<sup>12</sup> Asimismo, adviértase que por cualquier  $i < I_L$ ,  $m_i = h_i = 0$ , por cualquier  $i \in (I_L, I_H)$ ,  $l_i = h_i = 0$ , y por cualquier  $i > I_H$ ,  $l_i = m_i = 0$ .

$$\frac{w_H}{w_M} = \left( \frac{1 - I_H}{I_H - I_L} \right) \left( \frac{H}{M} \right)^{-1}$$

$$\frac{w_M}{w_L} = \left( \frac{I_H - I_L}{I_L} \right) \left( \frac{M}{L} \right)^{-1}$$
(3)

El RMLM trae consigo seis implicaciones de considerable relevancia:

- i) *La reacción de la asignación de tareas (las tareas umbrales,  $I_L$  e  $I_H$ ) a la tecnología y al suministro de habilidades.* Un incremento en  $A_H$  o en  $H$  produce una disminución en  $I_L$  y en  $I_H$ . De la misma forma, un incremento en  $A_M$  o en  $M$  produce una disminución en  $I_L$  y un incremento en  $I_H$ . Finalmente, un incremento en  $A_L$  o en  $L$  produce un incremento en  $I_L$  y en  $I_H$ .
- ii) *La reacción de los salarios relativos al suministro de habilidades.* Un incremento en  $H$  produce una disminución en  $W_H/W_L$  y en  $W_H/W_M$ . Además, un incremento en  $L$  produce un incremento en  $W_H/W_L$  y en  $W_M/W_L$ . Finalmente, un incremento en  $M$  produce un incremento en  $W_H/W_M$ , pero el efecto sobre  $W_H/W_L$  es ambiguo.
- iii) *La reacción de los salarios relativos a las tecnologías consideradas en su capacidad de incrementar los factores.* Un incremento en el cambio técnico sesgado a favor de las habilidades elevadas,  $A_H$ , produce un incremento en  $W_H/W_L$  y en  $W_H/W_M$  (tal como en el modelo canónico), pero una disminución en  $W_M/W_L$ . De manera adicional, un incremento en  $A_L$  produce una disminución en  $W_H/W_L$  y en  $W_M/W_L$ , pero un incremento en  $W_H/W_M$ . Finalmente, un incremento en  $A_M$  produce un incremento en  $W_M/W_L$ , pero tiene un efecto contrario sobre  $W_H/W_L$  y un efecto ambiguo sobre  $W_H/W_M$ .<sup>13</sup>
- iv) *La reacción de los niveles de salarios a las tecnologías consideradas en su capacidad de incrementar los factores.* Un incremento en  $A_H$  genera

<sup>13</sup> Los efectos ambiguos sobre las implicaciones 2 y 3 dependen de la forma exacta que cobren las ventajas comparativas a través de todo el espectro de habilidades. Por ejemplo, en la implicación 2, si los trabajadores con habilidades elevadas tienen una poderosa ventaja comparativa en aquellas tareas ubicadas un poco por encima de  $I_H$ , entonces un incremento en  $M$  trae por resultado que las tareas para las que se requieren habilidades medias se expandan en detrimento de los trabajadores con habilidades bajas, de lo que deriva un incremento de  $W_H/W_L$ . Aun así, si la ventaja comparativa favorece las tareas situadas un poco por debajo de  $I_L$ , entonces un incremento en  $M$  produce una disminución en  $W_H/W_L$ . Asimismo, si la ventaja comparativa favorece aquellas tareas ubicadas un poco por debajo de  $I_L$  y, de modo simultáneo, se da un incremento en  $A_M$ , es más probable que en  $W_H/W_L$  se observe una declinación.

un incremento en  $W_H$  y en  $W_L$ , pero tiene el efecto contrario sobre  $W_M$ . El resultado anterior difiere totalmente del obtenido por el modelo canónico, el cual predice que cualquier mejora tecnológica contribuye a elevar los salarios de todos los trabajadores.

Acemoglu y Autor (2011) aseveran que la principal virtud del RMLM es la posibilidad que ofrece de investigar el impacto de las tecnologías destinadas a reemplazar las tareas —por ejemplo, el capital computacional— sobre los salarios y la desigualdad. Acemoglu y Autor (2011) amplían la versión básica de su modelo para mostrar las repercusiones que tiene el capital sobre la distribución salarial. Su punto de partida es que una conmoción exógena provocada por el capital, tal como un declive del precio del capital computacional, es la causa directa de que los trabajadores no puedan seguir realizando las tareas hasta entonces a su cargo.<sup>14</sup> En los siguientes puntos se esquematizan las implicaciones esenciales que tiene la decisión de introducir las tecnologías con capacidad de sustituir tareas.

- v) *La conmoción exógena relacionada con la capacidad de las máquinas de sustituir tareas.* Debido a que las máquinas pueden apropiarse de una serie de tareas, los trabajadores con habilidades medias habrán de empezar a ejecutar tareas previamente reservadas a los trabajadores con habilidades bajas, lo cual acarreará una expansión de las tareas que exigen habilidades bajas, tales como las ocupaciones de conserje.
- vi) *Los salarios relativos vs. la conmoción exógena asociada a la capacidad de las máquinas de sustituir tareas.* De modo adicional, como consecuencia de la capacidad que poseen las máquinas de apropiarse de las tareas antes reservadas al personal, el modelo predice un incremento en  $W_H/W_M$  y una disminución en  $W_M/W_L$ .<sup>15</sup> Sin embargo, no deja de predecir igualmente un efecto ambiguo sobre  $W_H/W_L$ , el cual dependerá de si los trabajadores con habilidades medias son sustitutos más aptos de los trabajadores con habilidades elevadas o bajas. Por ejemplo, en los Estados Unidos resulta factible que los trabajadores con habilidades medias

<sup>14</sup> En cuanto al caso de los Estados Unidos, la evidencia reunida por Autor, Levy y Murnane (2003); Autor, Katz y Kearney (2008), y Acemoglu y Autor (2011) sugiere que el impacto tiene mayor trascendencia en las tareas que requieren precisión y a menudo pueden ser computarizadas.

<sup>15</sup> La función específica que desempeñan las computadoras al incidir en los salarios también ha sido estudiada por Krueger (1993); DiNardo y Pischke (1997); Autor, Levy y Murnane (2000); Bresnahan, Brynjolfsson y Hitt (2002); Spitz (2004); Borghans y ter Weel (2007), y Spitz (2008), entre otros.

sean buenos candidatos para ocupar el lugar de los trabajadores manuales, por lo que es altamente probable que se verifique un descenso en  $W_M/W_L$ . Ahora bien, si el reemplazo tiene lugar en la dirección opuesta, la proporción  $W_M/W_L$  habrá de incrementarse.

### 3. *Discusión*

El RMLM constituye una poderosa herramienta para explicar muchos de los hechos estilizados que caracterizan la desigualdad salarial. La diferencia capital entre el modelo canónico y el RMLM es que este último, al separar las distintas partes del trabajo, tiene en mente más elementos que únicamente los dos tipos de habilidades que, en el modelo canónico, se hallan en representación de los distintos tipos de tareas.

Por añadidura, el RMLM tiene en consideración la manera intuitiva en que surgen sustitutos y complementariedades entre las diversas clases de tareas y el capital computacional. En este caso, la principal implicación es que una disminución en el precio del capital computacional suscita un incremento en la demanda de capital computacional, un aumento en la demanda de tareas rutinarias y una reducción en la oferta laboral de los trabajadores con habilidades medias que realizan esa clase de tareas. A su vez, esto implica que el aumento en la demanda de aportaciones o insumos en la esfera de las tareas rutinarias se satisface íntegramente con el capital computacional y que, a la vez, hay un aumento en la oferta laboral para llevar a cabo las tareas ejecutadas por los trabajadores con habilidades bajas y elevadas.

Este modelo permite la posibilidad de que exista conjuntamente una reducción en el ingreso de los trabajadores con habilidades medias, a la vez que un incremento en el ingreso de trabajadores con habilidades bajas y altas en relativo con el ingreso de aquellos con habilidades medias. El cambio en la proporción  $W_H/W_L$  es ambiguo en el modelo, y una disminución en esa proporción podría ser congruente con una reducción en  $W_L$ , lo cual podría ayudar a explicar la disminución de los ingresos en el extremo inferior de la distribución —un fenómeno que Acemoglu (2002) califica de enigmático—. Por añadidura, a diferencia del modelo canónico, este modelo puede guardar coherencia tanto con un incremento en la cantidad de mano de obra canalizada hacia las tareas manuales como con un incremento en los salarios recibidos por los trabajadores que realizan este tipo de tareas; es decir, tiene coherencia con una covarianza positiva entre los ingresos y los empleos en

el extremo inferior de la distribución del ingreso. En este sentido, el modelo es congruente con una reducción de la desigualdad entre los trabajadores ubicados por debajo de 50% en la distribución y con un aumento en la desigualdad entre los trabajadores ubicados por encima de 50%. Estas implicaciones rebasan los alcances del modelo canónico. Asimismo, el modelo guarda coherencia con el aumento simultáneo que se da en los ingresos y en los trabajadores ubicados en el extremo superior de la distribución del ingreso, tal como lo predice el modelo estándar.

Goos, Manning y Salomons (2009b) sostienen que el modelo canónico no logra predecir correctamente los cambios que ocurren en el empleo entre los trabajadores cualificados y los no cualificados. Autor, Katz y Kearney (2006 y 2008), y Acemoglu y Autor (2011) para el caso de los Estados Unidos, así como Goos y Manning (2007) y Goos, Manning y Salomons (2009a y 2009b) para el Reino Unido y Europa, muestran que el empleo ha estado creciendo tanto para las ocupaciones de los trabajadores cualificados como de los no cualificados, mientras que los empleos para los trabajadores con habilidades medias han visto mermada su participación en el mercado laboral, un resultado que Goos y Manning (2007) denominan “la polarización del empleo”.

## II. DATOS

A fin de describir las regularidades empíricas de la hipótesis de la polarización en el mercado laboral se utilizaron las encuestas aplicadas a los hogares colombianos por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), de 1984 a 2009. Si bien las encuestas del DANE a los hogares abarcan actualmente más de 20 de las principales ciudades colombianas, sólo cubren siete en lo que atañe a las décadas de 1980 y 1990; así pues, a lo largo del presente trabajo el análisis se limita a estas últimas ciudades.<sup>16</sup> Se utilizaron por igual las encuestas del DANE y el módulo de tecnologías de información y comunicación (TIC), que fue aplicado durante 2001 y 2008, y es el único módulo TIC disponible para el periodo en que se centra este análisis.<sup>17</sup> Dicho

<sup>16</sup> Las áreas metropolitanas que se incluyen son Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Bucaramanga, Manizales y Pasto. Las encuestas a los hogares aplicadas por DANE estuvieron sujetas a modificaciones; dado que por esa razón no nos fue permitido obtener cifras comparables para el segundo semestre de 2006, no las tomamos en consideración.

<sup>17</sup> Los cuestionarios relativos al módulo de tecnologías de información y comunicación (TIC) que se

módulo proporciona información sobre el uso individual de internet y las computadoras, tanto en el hogar como en la oficina.

Para verificar si existen suficientes evidencias a favor de la hipótesis de la polarización y para evitar vicios involucrados en consideraciones ajenas al objeto de nuestro ejercicio, tales como los efectos del cambio técnico sobre la desigualdad salarial por razones de género, se optó por usar solamente las muestras representativas de los varones. No obstante, las principales pruebas de polarización presentadas en el apartado 4 de la sección IV también son estimadas recurriendo a una muestra en la que se incluyen tanto hombres como mujeres.<sup>18</sup> A menos que se indique específicamente lo contrario, el análisis se aboca a los varones de 18 años o más.<sup>19</sup> Finalmente, no se incluye a quienes trabajan en un negocio de un familiar sin ser remunerados y los ingresos son corregidos con vistas a una codificación al tope empleando la metodología de Núñez y Jiménez (1997).<sup>20</sup>

### III. LA EVALUACIÓN DEL PAPEL DEL SBTC EN COLOMBIA: EL MODELO CANÓNICO

En Colombia, la relación que se establece entre la preponderancia concedida a las habilidades (*skill premium*) y la oferta relativa de habilidades ha sido objeto de análisis por parte de Núñez y Sánchez (1998a y 1998b); Arango, Posada y Uribe (2004); Cárdenas y Bernal (1999 y 2003); Attanasio, Goldberg y Pavcnik (2003), y Santa María (2004). En esta sección se somete de nuevo a escrutinio la hipótesis del SBTC para el caso de Colombia, considerando un periodo más amplio que el examinado por los estudios previos, y se recurre al método de análisis de series de tiempo mediante el cual se corrige el persistente movimiento estocástico ascendente o descendente común de la preponderancia concedida a las habilidades y a la oferta relativa de habilidades. Se procede así por dos razones. Primero, es importante validar tanto las pruebas de polarización como la prueba de SBTC empleando la misma base de datos. Segundo, es imperativo validar nuestros datos en

incluyen en las encuestas aplicadas a los hogares está disponible en <[https://formularios.dane.gov.co/Anda\\_4\\_1/index.php/catalog/244/datafile/F4](https://formularios.dane.gov.co/Anda_4_1/index.php/catalog/244/datafile/F4)>

<sup>18</sup> Los hallazgos generales que hemos obtenido siguen siendo los mismos una vez que nos basamos en el muestreo completo.

<sup>19</sup> No se ha incluido a quienes trabajan en el negocio de un familiar sin ser remunerados. Los ingresos fueron corregidos para efectos de una codificación al tope (los salarios fueron codificados al tope en \$1 000 000 hasta junio de 1993), utilizando la metodología de Núñez y Jiménez (1997).

<sup>20</sup> Los salarios fueron codificados al tope en \$1 000 000 hasta junio de 1993, como se señaló en la nota previa.



relación con los utilizados en los estudios previos que se han llevado a cabo en Colombia y Latinoamérica a fin de poner a prueba la hipótesis SBTC.<sup>21</sup>

Siguiendo a Acemoglu (2003), estimamos la ecuación (A20) en el apéndice en lo tocante al caso colombiano.<sup>22</sup> El cuadro 1 da cuenta de nuestras estimaciones, que revelan que cuando empleamos un nivel equivalente de preponderancia concedida a las habilidades y, de modo correspondiente, las tasas de empleo y desempleo equivalentes, la elasticidad implícita de sustitución para Colombia es de 1.47. Cuando empleamos, en cambio, las horas de trabajo equivalentes, la elasticidad de sustitución pasa a ser de 1.16. En este mismo cuadro se muestran los resultados obtenidos cuando, adicionalmente, sometemos a medición el salario mínimo. En ese caso, la elasticidad es igual a 1.31, si se cuenta con empleos equivalentes, y a 1.27, si las horas de trabajo son equivalentes. En todos los casos  $\sigma > 1$ , lo cual implica que en Colombia los trabajadores cualificados y los no cualificados son, en términos brutos, recíprocamente sustituibles.

CUADRO 1. *El modelo canónico: primacía conferida a las habilidades vs. oferta relativas, datos trimestrales desde 1984, primer trimestre (ecuación A20 del apéndice)*

Variable dependiente: <i>ln (Primacía conferida a las habilidades)</i>	Empleo			Horas		
	Coefficiente	<i>z</i>	$\sigma$	Coefficiente	<i>z</i>	$\sigma$
<i>Ecuación 1</i>						
ln (Oferta relativa)	-0.68	3.2	1.47	-0.86	3.7	1.16
Tasa de desempleo	2.13	4.9		2.22	4.8	
<i>Ecuación 2</i>						
ln (Oferta relativa)	-0.76	3.5	1.31	-0.79	3.6	1.27
Tasa de desempleo	2.83	6.1		2.84	6.3	
Salario mínimo	0.00	3.0		0.00	3.3	

FUENTE: DANE, encuestas aplicadas a los hogares en siete ciudades principales colombianas. Cálculos propios.

<sup>21</sup> Hacia comienzos de la década de 2000, la primacía conferida a las habilidades en Colombia era mucho mayor a la hora de ser comparada con un amplio conjunto de países, según lo revelan diversos estudios; a saber, el de Gallego (2012) sobre Chile; el de Medina y Posso (2010) sobre Colombia; los de Christian (2010) y de Autor *et al.* (2006) sobre los Estados Unidos, y los de Acemoglu (2003) y Caselli y Coleman (2006) sobre otros países.

<sup>22</sup> La ecuación (A20) es resultado de  $\ln(W_H/W_L) = (\sigma - 1/\sigma) \gamma_0 + (\sigma - 1/\sigma) \gamma_1 t - (1/\sigma) \ln(H/L)$ , donde *H* representa a los trabajadores cualificados y *L* a los no cualificados, *t* es el tiempo y  $\sigma$  es la elasticidad de la sustitución entre trabajadores cualificados y no cualificados.  $\gamma_0$  y  $\gamma_1$  son parámetros. La ecuación (A20) es similar a la ecuación (11) en Acemoglu (2003). A semejanza de Gallego (2012), utilizamos un modelo de vectores de corrección del error (VEC, por sus siglas en inglés), debido al área de series *I*(1), y presentamos un vector de cointegración. Estimamos un sistema en el que la primacía conferida a las habilidades y la oferta relativa de habilidades eran variables endógenas.

La elasticidad de sustitución que se ha estimado para el empleo equivalente, cuando no se controla por el salario mínimo, es igual a 1.47, cifra similar a las halladas por Núñez y Sánchez (1998a) y Santa María (2004), que ascendieron a 1.37 y 1.48, respectivamente.<sup>23</sup> Una vez que se controla por el salario mínimo, la elasticidad de sustitución estimada es igual a 1.31. En el caso de Chile, las estimaciones de dicha elasticidad, de acuerdo con los hallazgos de Gallego (2012), oscilan entre 1.39 y 1.67, mientras que en el de los Estados Unidos, según los hallazgos de Katz y Murphy (1992) y Acemoglu (2002), asciende a 1.41.

Resumiendo, nuestro conjunto de datos nos permite obtener estimaciones que guardan coherencia con las que se han recabado previamente para Colombia y otros países.

En la siguiente sección se procede a ponderar si el modelo de polarización puede suministrar una evidencia coherente de lo ocurrido en Colombia; para ello, se comienza por explicar la manera en que se ha introducido de modo empírico la dimensión de las tareas: un ámbito en el que, por un lado, se contempla la relación directa que hay entre las actividades de los trabajadores y el uso de la computadora y, por otro, en el que los trabajadores, al maximizar su utilidad, se categorizan de modo endógeno.

#### IV. EVALUACIÓN DEL PAPEL DE LA HIPÓTESIS DE LA POLARIZACIÓN EN COLOMBIA

En la presente sección se cuantifican los cambios habidos en los salarios relativos y en la oferta de habilidades en el mercado laboral una vez ocurrido un nuevo choque asociado a las tecnologías que reemplazan las tareas, entre las que se encuentra el capital computacional. A fin de realizar este objetivo, se adoptó un enfoque de dimensión de tareas como el que propone Autor, Levy y Murnane (2003). Comenzamos por definir cuáles son las tareas que, de acuerdo con nuestras expectativas, podrían estar correlacionadas con los papeles que están implícitos en el modelo teórico antes esquematizado. Después, mostramos la manera en que tanto la adopción de computadoras y de internet como el uso efectivo de computadoras están relacionados con las diferentes ocupaciones, según se hace patente cuando las ordenamos según las habilidades o los ingresos. Finalmente, se muestra cómo los trabajadores se han desplazado a través de una serie de ocupaciones para las que se requieren

<sup>23</sup> Adviértase, empero, que Núñez y Sánchez (1998a) y Santa María (2004) no tienen bajo medición la tasa de desempleo.

diferentes intensidades de habilidades, y luego se evalúa el grado en que los resultados son coherentes con la hipótesis de la polarización.

### 1. *Vinculación entre el uso de la computadora y las habilidades de los trabajadores*

Desde que apareció el trabajo de Autor, Levy y Murnane (2003), otros investigadores han adoptado modelos en los cuales los trabajadores dotados de distintas habilidades eligen dedicar su labor a diferentes tareas en las que su aportación podría servir como complemento o reemplazo del capital computacional, o bien podría no estar en absoluto relacionada con éste. Esos estudiosos han procedido así con el propósito de explicar los cambios ocurridos en la demanda relativa y los salarios de los trabajadores cualificados. En esta sección se sigue su enfoque y se utilizan los datos proporcionados por las encuestas a los hogares colombianos a fin de clasificar las ocupaciones de los trabajadores dentro de la dimensión de las tareas.

En particular, recurrimos a la Clasificación Nacional de Ocupaciones suministrada por DANE, que adoptó la categorización internacional de ocupaciones CNO70. Empleamos la CNO70 para ordenar las ocupaciones de acuerdo con las mismas cinco categorías postuladas por Autor, Levy y Murnane (2003): *i*) las de carácter no rutinario y de tendencia cognitivo/analítica (MATH); *ii*) las de carácter no rutinario y de tendencia cognitivo/interactiva (DCP); *iii*) las de carácter rutinario y cognitivo (STS); *iv*) las de carácter rutinario y manual (Finger), y *v*) las de carácter no rutinario y de tendencia manual (EHF).<sup>24</sup>

En primer término, tómese en cuenta que las cinco tareas se subdividen en dos grupos: las de tipo rutinario y las de tipo no rutinario. Se entiende que las primeras son las que pueden ser computarizadas, y las segundas las que no. Nos apegamos a las convenciones empleadas por Autor, Levy y Murnane (2003), para quienes las tareas rutinarias incluyen aquellas de tipo manual que requieren “destreza manual” (Finger), como “monitorear

<sup>24</sup> Otras aplicaciones de la dimensión de las tareas se pueden encontrar en Peri y Sparber (2008, 2009), quienes han mostrado que el reducido efecto que ha habido en los salarios de los nativos americanos ha sido consecuencia de un proceso mediante el cual ellos se han especializado en tareas que son diferentes de aquellas en que se especializan los inmigrantes. Medina y Posso (2011, 2009) echan mano de las tareas realizadas en los Estados Unidos por los inmigrantes sudamericanos para determinar la calidad de los trabajos que desempeñan dependiendo de su país de origen, factor que han asociado a sus habilidades individuales.

la temperatura de una línea de acabado de acero o colocar en su sitio un parabrisas en una línea de ensamble”, y las tareas cognitivas que requieren “fijar límites, zonas de tolerancia o estándares” (STS), tales como los centros de atención telefónica o los cajeros automáticos. En contraste, entre las tareas no rutinarias podemos hallar algunas que son analíticas y requieren “desde aritmética hasta matemáticas avanzadas” (MATH), tales como las que llevan a cabo los investigadores o los ingenieros. Las que son interactivas requieren “facultades de dirección, control y planeación” (DCP), tales como las que realizan los gerentes y los abogados. Finalmente, otra clase de tareas que son de tipo manual exige coordinación “entre los ojos, las manos y los pies” (EHF), como aquellas que hacen los camioneros.

La anterior clasificación de las ocupaciones de acuerdo con las intensidades que se ponen en juego en las cinco tareas descritas arriba nos permite evaluar los cambios que con el paso del tiempo se generan en las intensidades de cada tarea a través de toda la gama de ocupaciones. En la medida en que los movimientos de los trabajadores entre las ocupaciones asignan un peso distinto a diferentes intensidades, hay modificaciones en las intensidades de las tareas en conjunto. Esta dimensión de la variación en las intensidades de las tareas es lo que Autor, Levy y Murnane (2003) denominan el margen “extensivo”, esto es, aquel que se consigue, por ejemplo, al mantener el contenido de una tarea dentro de determinada ocupación en su nivel inicial. Dado que la clasificación internacional de las ocupaciones que se adoptó en Colombia no se actualizó durante el periodo examinado, no es posible medir las variaciones en la intensidad de las tareas a lo largo del margen “intensivo”, es decir, aquel al que determinan los cambios acontecidos dentro de las ocupaciones.<sup>25</sup>

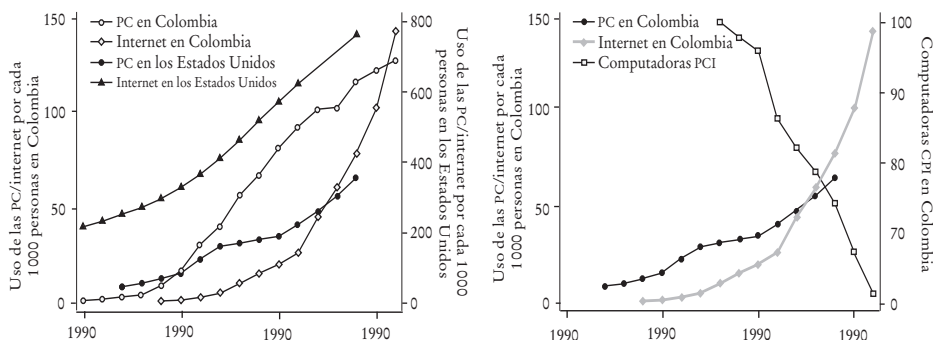
## *2. Adopción de la tecnología vinculada a la computación en Colombia*

En Latinoamérica, Colombia es el país que ha adoptado más amplia y enérgicamente internet a lo largo de las últimas décadas.<sup>26</sup> De acuerdo con la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, por sus siglas en inglés), las computadoras de uso personal se empezaron a introducir en la nación

<sup>25</sup> Para más detalles sobre la clasificación de las ocupaciones, véase la ecuación (A2) en el apéndice.

<sup>26</sup> La fuente de las estadísticas sobre la utilización de internet y las computadoras reside en el Measuring the Information Society Report, disponible en <<http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/default.aspx>>

GRÁFICA 3. *Uso de las computadoras y de internet en Colombia y en los Estados Unidos vs. la evolución de las PC de CPI en Colombia*



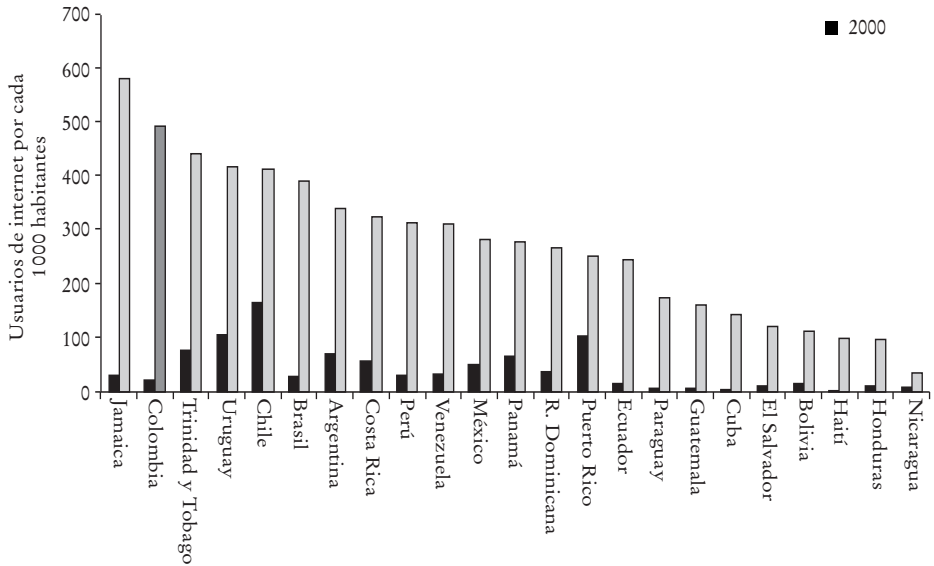
FUENTE: ONU y DANE.

colombiana a principios de la década de 1990, mientras que en el caso de internet el fenómeno tuvo lugar a mediados de esa década (véase la gráfica 3). A la vez, no ha de pasarse por alto que, entre 2000 y 2009, la cantidad de usuarios aumentó aproximadamente 2.27% cada año. Para 2009, por cada 1000 personas, 494 utilizaban internet en Colombia (véase la gráfica 4); se trata del porcentaje más alto de penetración en Sudamérica y del segundo más alto en Latinoamérica. Adicionalmente, hay que señalar que, desde 1998, el precio del capital computacional bajó 40%, lo cual puede asociarse con el grado en que se extendió la computarización.

A fin de evaluar con mayor precisión las relaciones que tiene la computarización con los salarios relativos y la oferta de los trabajadores cualificados *vs.* la de los no cualificados, procedemos a examinar los vínculos observados en nuestro acervo de datos entre el uso de las computadoras y las habilidades de los trabajadores, para lo cual optamos por introducir la dimensión de las tareas. Primero mostramos de qué modo se refleja en nuestros datos el uso de las computadoras a nivel ocupacional. A continuación verificamos si la dimensión de las tareas en que nos hemos detenido efectivamente guarda una relación coherente con la utilización de las computadoras a nivel industrial. Recurrimos a las encuestas aplicadas a los hogares por el DANE y al módulo de TIC, que fue aplicado durante 2001 y 2008. En las secciones siguientes damos por supuesto que el porcentaje de trabajadores que usaban las computadoras en 1984-1985 era virtualmente de cero.<sup>27</sup>

<sup>27</sup> Los resultados no cambian si elegimos como año inicial cualquiera de los incluidos en el periodo 1984-1990, puesto que el porcentaje de trabajadores que usaron computadoras durante esa década fue

GRÁFICA 4. *Usuarios de internet estimados por cada 1 000 habitantes en Latinoamérica, 2000-2009*

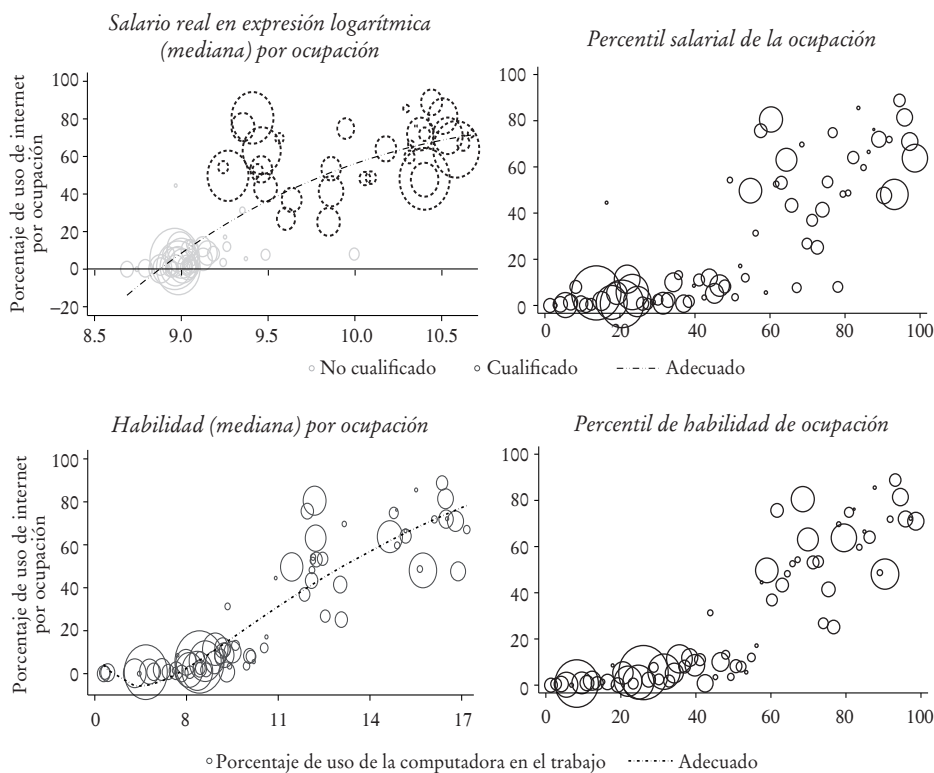


FUENTE: ITU y ONU.

En las gráficas 5 y 6 se hace visible que mientras más elevado sea el salario inicial o la composición de habilidades por ocupación, más elevada será también la cuota de trabajadores que utilicen computadoras personales e internet, respectivamente, en sus ocupaciones. De hecho, es desdeñable la porción de trabajadores dedicados a ocupaciones en las que el salario se ubica en (o por debajo de) el cuadragésimo percentil salarial promedio. Las gráficas muestran, asimismo, que la frecuencia alta en el uso de las computadoras es básicamente exclusiva de las ocupaciones en las que se recluta un nutrido porcentaje de trabajadores cualificados o, en general, de las ocupaciones ubicadas en (o por encima de) el quincuagésimo percentil en materia salarial o de habilidades. Este patrón empírico parece ser congruente sólo con ocupaciones que son intensivas en el área de la mano de obra cualificada, y las ocupaciones más intensivas requieren un grado más alto de habi-

casi de cero. La razón principal es que la historia moderna de las computadoras de uso personal comenzó en los años ochenta. La diseminación de las computadoras personales comerciales tuvo su inicio después de que IBM introdujo las PC IBM en 1981. No fue sino hasta 1985 cuando INTEL introdujo el procesador 386 de 32 bits. De manera similar, en los años noventa Windows introdujo Windows 3.0, que estandarizó las PC en la plataforma de sistemas operativos de Windows. El auge comercial de internet no tuvo su inicio sino hasta 1990 (Mazzucato, 2002).

GRÁFICA 5. Porcentaje de trabajadores que usan una PC en su espacio laboral por ocupación, salario y niveles educativos, en 13 ciudades principales colombianas, 2001



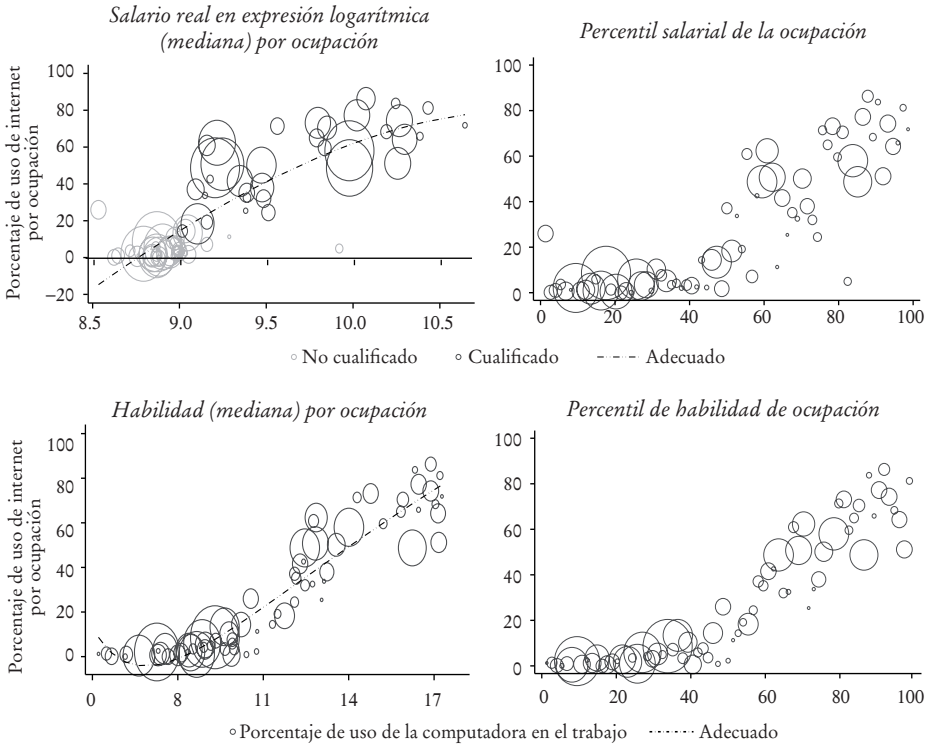
FUENTE: DANE, encuestas aplicadas a los hogares. Módulo de tecnologías de información y comunicación (TIC) 2001 en 13 ciudades principales colombianas. Cálculos propios.

lidades en el caso de los trabajadores no cualificados, quienes en su empleo tienen acceso a las computadoras personales.

### 3. Intensidades de las tareas y uso de la computadora

A continuación implementamos una prueba utilizada por Autor, Levy y Murnane (2003) con la que se procura determinar si la disminución observada en el precio del capital computacional motivó el incremento en el uso de computadoras dentro de industrias caracterizadas por el ritmo intensivo en las tareas rutinarias; en ese ámbito, las computadoras fueron utilizadas como sustitutos de la mano de obra más onerosa aportada para trabajos rutinarios.

GRÁFICA 6. *Porcentaje de trabajadores que usan internet en su espacio laboral por ocupación, salario y niveles educativos, en 13 ciudades principales colombianas, 2008*



FUENTE: DANE, encuestas aplicadas a los hogares. Módulo de tecnologías de información y comunicación (TIC), 2008, en 13 ciudades principales colombianas. Cálculos propios.

El capital computacional se habría incrementado igualmente en industrias con tareas cognitivas no rutinarias significativas, en las cuales las computadoras sirven de complemento a las habilidades. Finalmente, en las industrias que no se distinguen por tener una cantidad elevada de tareas manuales no rutinarias debería haberse registrado un aumento mucho menos significativo en el uso de las computadoras porque estas tareas no pueden reemplazarse con el uso de dichas máquinas. La prueba consiste en estimar el siguiente modelo:

$$\Delta C_{K, 2001-1984} = \alpha + \beta T_{K, 1984} + \varepsilon_{K, 2001-1984} \quad (4)$$

donde  $\Delta C_{K, 2001-1984}$  indica el cambio entre 1984 y 2001 en la porción de trabajadores en la industria  $k$  que usaron una computadora en el espacio



laboral y  $T_{K, 1984}$  es una medida de la intensidad de las tareas realizadas en la industria en 1984.<sup>28</sup> Tal como se muestra en la gráfica 3, en 1984 el uso de las computadoras en las industrias colombianas era virtualmente inexistente; así, el hecho de que en 2001 una porción de los trabajadores emplee computadoras en el espacio laboral por industria realmente constituye un cambio trascendental.

En el cuadro 2 se presentan los resultados de la estimación de la ecuación (4). Dicho cuadro contiene dos paneles: en la parte superior presentamos las estimaciones obtenidas al utilizar una medida de intensidad de las tareas sustentada en el número de empleados con determinada ocupación, y en la parte inferior medimos la intensidad de las tareas teniendo en mente las horas totales de todos los trabajadores dedicados a esa ocupación. Tal como se esperaba, todos los coeficientes salvo uno (el manual rutinario) cuentan con el signo correcto, y una vez que tenemos bajo medición la cuota de trabajadores con un nivel educativo universitario que están en la industria, tres coeficientes tienen el signo relevante correcto (a pesar del pequeño número de industrias), el coeficiente manual rutinario se vuelve estadísticamente no significativo y el coeficiente manual no rutinario tiene el signo casi relevante correcto. Estos resultados implican que nuestra clasificación de las tareas es congruente con la clasificación de Autor, Levy y Murnane (2003).

#### 4. *Evaluación de la hipótesis SBTC en el mercado laboral colombiano*

Tal como lo advirtieron Goos y Manning (2007); Autor, Levy y Murnane (2003), y Autor, Katz y Kearney (2006), el precio decreciente de la tecnología computacional reduce la demanda de labor rutinaria, por un lado, y, por otro, incrementa la demanda de otras tareas que complementan la tarea rutinaria, esto es, tanto la demanda de tareas cognitivas no rutinarias como la de tareas manuales no rutinarias. Así pues, si los salarios promedio relativos de las tareas manuales *vs.* las rutinarias se incrementan y los salarios relativos de las tareas abstractas *vs.* las rutinarias se incrementan, deberíamos observar un aumento en la cuota de trabajadores en los extremos de la distribución salarial y una reducción en la parte media de la distribución. Este pronóstico entra en conflicto con la hipótesis del SBTC, ya que, según

<sup>28</sup> Empleamos los formularios especiales de 2001 que incluye la encuesta aplicada a los hogares, en la cual se indaga sobre el grado en que la gente, ya sea en el hogar o en el trabajo, utiliza y se ha apropiado de las tecnologías de información y comunicación.

CUADRO 2. *Impacto en Colombia del contenido de las tareas industriales en 1984 sobre la adopción de las computadoras por la industria entre 1984 y 2001<sup>a</sup>*

	<i>Analítico no rutinario</i>	<i>Interactivo no rutinario</i>	<i>Cognitivo rutinario</i>	<i>Manual rutinario</i>	<i>Manual no rutinario</i>
<i>A. Variable dependiente: porcentaje de empleados de la industria que utilizan una computadora para su trabajo en 2001</i>					
Cuota de requerimientos para las tareas industriales, 1984	0.46 (0.418)	0.34 (0.093)	0.16 (0.104)	-0.13 (0.058)	-0.14 (0.049)
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.10	0.45	0.12	0.12	0.22
Cuota de requerimientos para las tareas industriales, 1984	0.11 (0.421)	0.36 (0.153)	0.16 (0.070)	-0.07 (0.047)	-0.09 (0.049)
Proporción con nivel educativo universitario	0.34 (0.099)	-0.03 (0.226)	0.39 (0.102)	0.37 (0.129)	0.30 (0.100)
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.33	0.45	0.50	0.43	0.41
<i>B. Variable dependiente: porcentaje de empleados de la industria (en horas) que utilizan una computadora para su trabajo en 2001</i>					
Cuota de requerimientos para las tareas industriales, 1984	0.41 (0.399)	0.36 (0.099)	0.16 (0.101)	-0.13 (0.057)	-0.13 (0.049)
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.09	0.45	0.12	0.12	0.19
Cuota de requerimientos para las tareas industriales, 1984	0.08 (0.398)	0.38 (0.156)	0.16 (0.068)	-0.07 (0.045)	-0.08 (0.049)
Proporción con nivel educativo universitario	0.35 (0.104)	-0.02 (0.217)	0.39 (0.102)	0.37 (0.129)	0.30 (0.101)
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.33	0.45	0.50	0.43	0.40

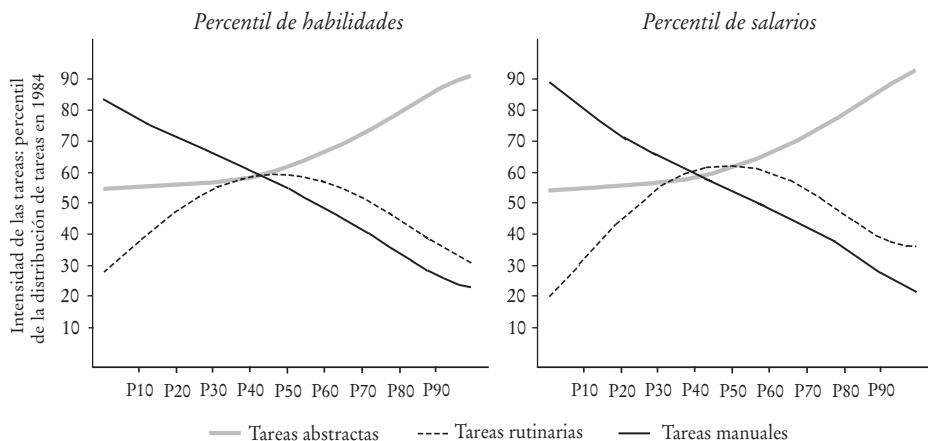
FUENTE: DANE, encuestas aplicadas a los hogares en siete ciudades principales colombianas. Cálculos propios.

<sup>a</sup> Los errores estándar robustos están entre paréntesis. Se da por supuesto que el uso de las computadoras es de cero en el año inicial (1984). La tarea se mide en horas. Existen 26 industrias.

ésta, deberíamos observar una relación positiva monotónica entre los salarios iniciales y el incremento en el empleo.

A fin de aportar evidencias de la relación entre los cambios en la demanda de tareas y los cambios en la demanda de habilidades, comenzamos por utilizar la gráfica 7, que muestra la manera en que los trabajadores con distintos niveles de habilidad se ajustan a las tres categorías globales de tareas

GRÁFICA 7. *Intensidad de las tareas por habilidad ocupacional y percentil salarial definidos como rango ocupacional en percentiles en la media de años de escolaridad y salarios, Colombia*



FUENTE: DANE, encuestas aplicadas a los hogares en siete ciudades principales colombianas. Cálculos propios.

antes definidas: las tareas abstractas, las rutinarias y las manuales.<sup>29</sup> En esa gráfica cada punto representa una combinación de la habilidad promedio de una ocupación específica, medida como el número promedio de años de escolaridad recibida por sus trabajadores, y su intensidad en las tareas, definida como el percentil de la intensidad específica de esa ocupación en la distribución de 1984. Según se hace patente en la gráfica, independientemente de que la ocupación se halle organizada por la habilidad o el salario promedio, los trabajadores con habilidades bajas se desempeñan por lo general en ocupaciones de carácter manual no rutinario intensivo, los trabajadores con habilidades medias lo hacen en ocupaciones rutinarias intensivas y los trabajadores con habilidades elevadas en ocupaciones de carácter abstracto intensivo.

La hipótesis de la polarización predice que, de prevalecer la disminución en los costos de la tecnología computacional, habrá una mayor demanda de las actividades rutinarias y, al mismo tiempo, un importante incremento en la demanda de tecnología computacional; no obstante, la aparición de estos fenómenos implicará simultáneamente una reducción de la demanda

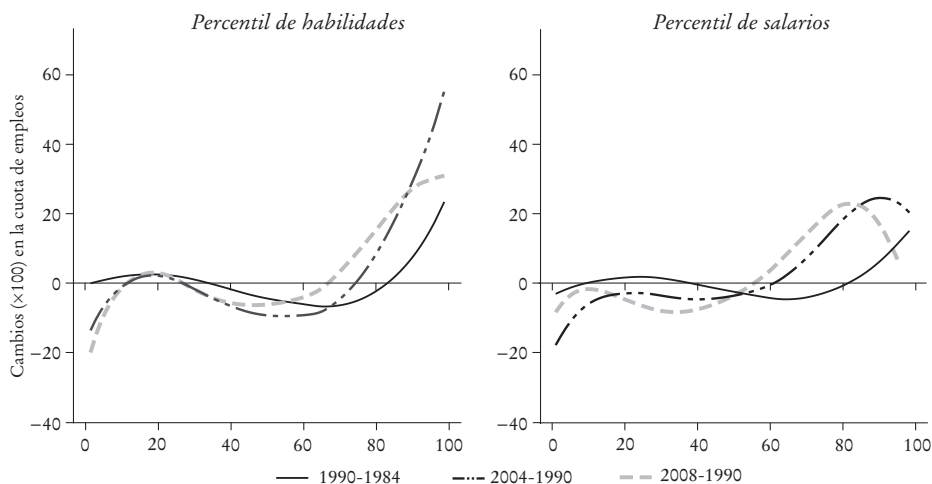
<sup>29</sup> Una tarea abstracta se articula con base tanto en las tareas cognitivas, analíticas e interactivas no rutinarias, como en las tareas rutinarias de tipo cognitivo y manual arriba mencionadas.

de mano de obra para el trabajo rutinario. Así pues, debemos anticipar que se dé una disminución en la demanda de trabajadores para ocupaciones que requieren niveles intermedios de habilidades.

La gráfica 8 muestra el cambio en la cuota de empleos dentro de la ocupación en 1984-1990, 1990-2004 y 1990-2008, utilizando los percentiles salarial y de habilidades de la ocupación en 1984. La gráfica de la izquierda ordena las ocupaciones de acuerdo con los salarios percibidos en ellas, y la gráfica de la derecha las ordena de acuerdo con las habilidades correspondientes. La gráfica 9 muestra el mismo conjunto de esquemas, pero esta vez cada una evalúa los periodos de 1984-1990, 1984-2004 y 1984-2008. Finalmente, las gráficas 10 y 11 muestran la misma información que la de las dos gráficas previas, pero los cambios son estimados mediante la cantidad total de horas de trabajo en lugar de basarse en el empleo.

Estas gráficas se hallan en contraposición a la predicción fundamental del modelo canónico. Resulta claro que no existe una relación monotónica entre las habilidades o los salarios y los cambios en el empleo. En con-

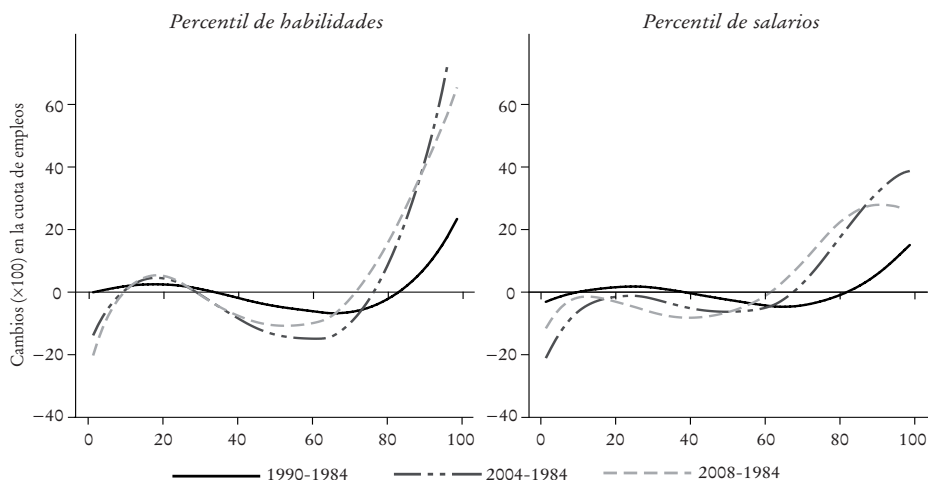
GRÁFICA 8. *Cambio en la cuota de empleos dentro de la ocupación en 1984-1990, 1990-2004 y 1990-2008, por percentiles de salario y habilidades ocupacionales, en 1984, Colombia<sup>a</sup>*



FUENTE: DANE, encuestas aplicadas a los hogares en siete ciudades principales colombianas. Cálculos propios.

<sup>a</sup> Cálculo realizado mediante regresión polinomial local con base en núcleos.

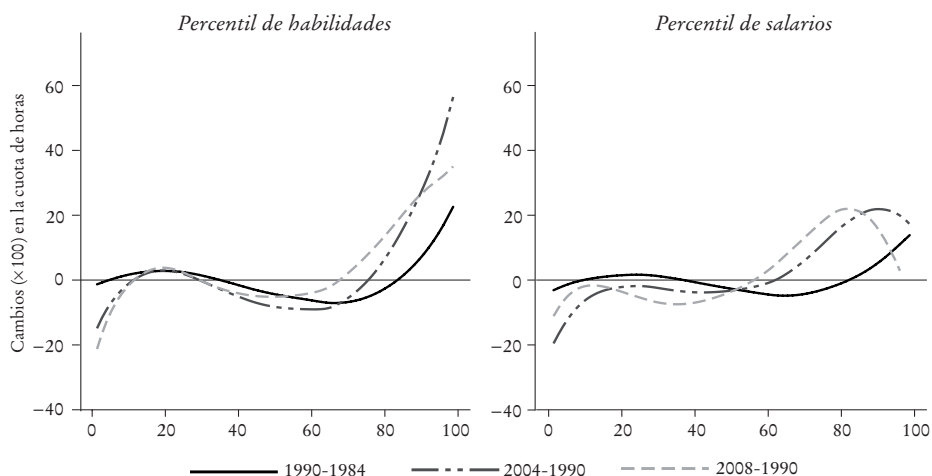
GRÁFICA 9. Cambio en la cuota de empleos dentro de la ocupación en 1984-1990, 1984-2004 y 1984-2008, por percentiles de salario y habilidades ocupacionales, en 1984, Colombia<sup>a</sup>



FUENTE: DANE, encuestas aplicadas a los hogares en siete ciudades principales colombianas. Cálculos propios.

<sup>a</sup> Cálculo realizado mediante regresión polinomial local con base en núcleos.

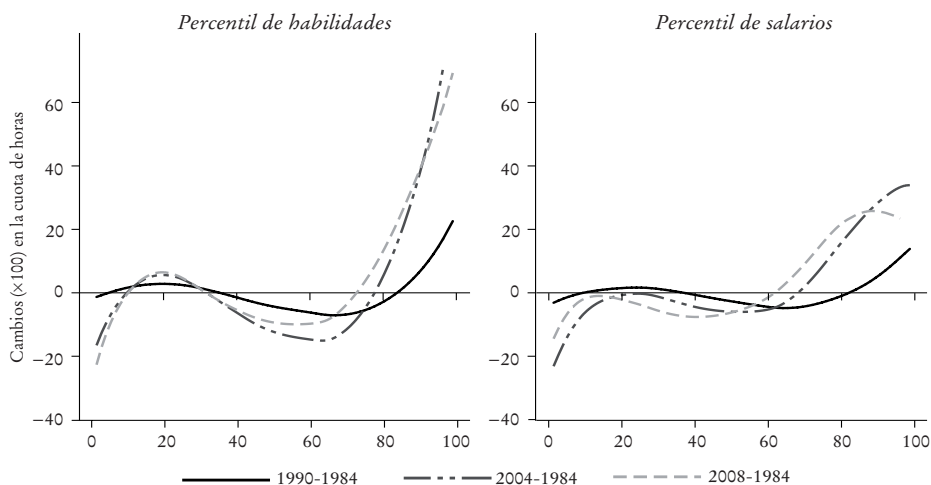
GRÁFICA 10. Cambio en la cuota de horas dentro de la ocupación, 1984-1990, 1990-2004 y 1990-2008, por percentiles de salario y habilidades ocupacionales, en 1984, Colombia<sup>a</sup>



FUENTE: DANE, encuestas aplicadas a los hogares en siete ciudades principales colombianas. Cálculos propios.

<sup>a</sup> Cálculo realizado mediante regresión polinomial local con base en núcleos.

GRÁFICA 11. *Cambio en la cuota de empleos dentro de la ocupación en 1984-1990, 1984-2004 y 1984-2008, por percentiles de salario y habilidades ocupacionales, en 1984, Colombia<sup>a</sup>*



FUENTE: DANE, encuestas aplicadas a los hogares en siete ciudades principales colombianas. Cálculos propios.

<sup>a</sup> Cálculo realizado mediante regresión polinomial local con base en núcleos.

traste, es patente que existe una disminución relativa del empleo alrededor de la media de las distribuciones respectivas. Tanto en 1990-2004 como en 1990-2008 encontramos una curva en forma de U, lo cual implica que los empleos se hallaban polarizados en los extremos de la distribución salarial. La diferencia en los cambios relativos entre las cuotas de trabajadores con ocupaciones ubicadas en el extremo inferior de la distribución y las cuotas de aquellos que sufren la mayor caída en el periodo analizado fluctúa por aproximadamente 10%, lo cual es una magnitud similar a la obtenida por Autor, Katz y Kearney (2006 y 2008) y por Acemoglu y Autor (2011).

Con el objetivo de complementar la evidencia empírica proporcionada en las gráficas 8 a 11, estimamos una extensión de la prueba formal de Goos y Manning (2007):

$$\Delta E = \beta_0 + \beta_1 w_0 + \beta_2 w_0^2 + \varepsilon \quad (5)$$

donde  $\Delta E$  representa el cambio en la participación del empleo por ocupación y  $w_0$  es la media del salario en la ocupación durante 1984. Para aportar

evidencias de que estas pautas en forma de U se volvieron más pronunciadas en el periodo que comenzó en 1990, incluimos los datos de nuestra estimación tanto de todo el periodo 1984-2008 como del periodo 1984-1990 a la hora de estimar la siguiente regresión modificada:

$$\Delta E = \beta_0 + \beta_1 w_0 + \beta_2 w_0^2 + \beta_3 (t \cdot w_0^2) + \varepsilon \quad (6)$$

donde  $t$  es una variable *dummy* que es igual a 1 si los datos corresponden al periodo 1984-1990 y es igual a 0 si se trata de otro caso. Nuestra expectativa es que habrá un coeficiente positivo en el término cuadrático,  $\beta_2$ , y un coeficiente negativo en la interacción que surja entre el salario o la habilidad cuadráticos y la variable *dummy*, lo que indica que los datos corresponden al periodo 1984-1990,  $\beta_3$ . Esta regresión puede aportar evidencia de que el patrón en forma de U se volvió más pronunciado después de que se extendiera la disponibilidad de la tecnología computacional en Colombia. Una implicación clave de la polarización es la estructuración en forma de U que presenta la relación entre los salarios y los cambios en el empleo; de esto se infiere que nuestras estimaciones respaldan la hipótesis de la polarización.

En los cuadros 3 y 4 se presentan los resultados derivados de estimar la ecuación (6). Cada cuadro contiene cuatro paneles; los que se sitúan en el extremo superior se ocupan de los cambios en el empleo y los situados en el extremo inferior se ocupan de las horas de trabajo. Los paneles a la izquierda utilizan para su estimación los salarios propios de una ocupación, y aquellos ubicados a la derecha se valen de las habilidades características de una ocupación. Tal como se muestra en el cuadro 3, todos los coeficientes  $\beta_2$  en la ecuación del salario son positivos y relevantes, y todos los coeficientes  $\beta_3$  son negativos y relevantes, pero las estimaciones sobre las habilidades, a pesar de tener siempre el mismo signo, no siempre son significativamente diferentes de 0.

Como una prueba de robustez, en el cuadro 4 presentamos la misma prueba, pero ahora utilizamos datos que comprenden tanto a los hombres como a las mujeres. Si bien las estimaciones para la ecuación de los salarios son menos precisas que las presentadas en el cuadro 3, todos los resultados siguen siendo relevantes en el nivel de 5% de relevancia, y los resultados de la ecuación sobre las habilidades permanecen idénticos. En términos generales, la evidencia es congruente tanto con la relación en forma de U entre

CUADRO 3. *Relación entre el crecimiento del empleo y la media del salario o la habilidad inicial en Colombia, 1984-1990 y 1984-2008<sup>a</sup>*

	Salario		Habilidad
A. Crecimiento del empleo y media del salario o la habilidad iniciales			
Salario	-7.04*** (2.30)	Habilidad	-0.08 (0.07)
Salario2	0.43*** (0.14)	Habilidad2	0.006* 0.003*
<i>t</i> * Salario2	-0.005*** (0.001)	<i>t</i> * Habilidad2	-0.003*** (0.0007)
B. Crecimiento del empleo (en horas) y media del salario o la habilidad iniciales			
Salario	-6.85*** (2.39)	Habilidad	-0.07 (0.07)
Salario2	0.42*** (0.14)	Habilidad2	0.006* 0.003*
<i>t</i> * Salario2	-0.006*** (0.001)	<i>t</i> * Habilidad2	-0.004*** (0.001)

FUENTE: DANE, encuestas aplicadas a los hogares en siete ciudades principales colombianas. Cálculos propios.

<sup>a</sup> La ocupación utiliza códigos CNO70 de dos dígitos. Las regresiones están fundamentadas en el número de individuos dentro de una ocupación durante el periodo inicial. Los errores estándar robustos están entre paréntesis. \*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$ . Los datos contienen información de los periodos 1984-1990 y 1984-2008 solamente para los varones; *t* es una variable *dummy* igual a 1 si los datos pertenecen al periodo 1984-1990 y de otra manera es igual a 0.

los salarios y los cambios en el empleo, como con la polarización surgida en el empleo durante el periodo 1984-2008, fenómeno que se agudizó entre 1990 y 2008.

Goos, Manning y Salomons (2009a) muestran que otra vía que podría conducir a esta clase de polarización en el mercado laboral es la compra de algunos bienes intermedios de la firma, y servicios, en el extranjero. Si las ocupaciones rutinarias tienen mayor posibilidad de que su actividad sea contratada en el extranjero, entonces el cambio en la cuota de trabajadores empleados en tareas manuales y abstractas en relación con la cuota de los dedicados a tareas rutinarias sería similar al cambio que predice el modelo de polarización basado en el cambio técnico. La valoración empírica de esta hipótesis exige determinar cuán posible es contratar en el extranjero las diferentes ocupaciones. No poseemos datos que nos permitan valorar directamente qué porcentaje del efecto medido en nuestro ejercicio es debido a la compra en el extranjero de diferentes bienes intermedios y



CUADRO 4. *Relación entre el crecimiento del empleo y la media del salario o la habilidad inicial en Colombia, durante 1984-1990 y 1984-2008, estudiada mediante una muestra de hombres y mujeres<sup>a</sup>*

	Salario		Habilidad
A. <i>Crecimiento del empleo y media del salario o la habilidad iniciales</i>			
<i>Salario</i>	-5.90**	<i>Habilidad</i>	-0.07
	(2.36)		(0.08)
<i>Salario2</i>	0.37**	<i>Habilidad2</i>	0.006*
	(0.14)		(0.004)
<i>t * Salario2</i>	-0.007***	<i>t * Habilidad2</i>	-0.004***
	(0.001)		(0.0008)
B. <i>Crecimiento del empleo (en horas) y media del salario o la habilidad iniciales</i>			
<i>Salario</i>	-4.94**	<i>Habilidad</i>	-0.04
	(2.36)		(0.08)
<i>Salario2</i>	0.31**	<i>Habilidad2</i>	0.005*
	(0.14)		(0.003)
<i>t * Salario2</i>	-0.007***	<i>t * Habilidad2</i>	-0.004***
	(0.001)		(0.001)

FUENTE: DANE, encuestas aplicadas a los hogares, siete ciudades principales colombianas. Cálculos propios.

<sup>a</sup> La ocupación utiliza códigos CNO70 de dos dígitos. Las regresiones están fundamentadas en el número de individuos dentro de una ocupación durante el periodo inicial. Los errores estándar robustos están entre paréntesis. \*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$ . Los datos contienen información de los periodos 1984-1990 y 1984-2008 solamente para los varones.  $t$  es una variable dummy igual a 1 si los datos pertenecen al periodo 1984-1990 y de otra manera es igual a 0.

servicios, y cómo estas compras afectarían a las personas empleadas en las diferentes ocupaciones consideradas, pero el trabajo previo emprendido en Colombia sugiere indirectamente que podría haber tenido un efecto pequeño o insignificante (véanse Núñez y Sánchez, 1998a, y Attanasio *et al.*, 2003). De manera adicional, existen razones para contar con que la magnitud del efecto causado por las compras en el extranjero haya sido mucho más reducida que la del cambio técnico en Colombia. Primero, la extensión del comercio en Colombia ha sido mucho menor que la de los Estados Unidos o los países europeos. Segundo, las importaciones en Europa aumentaron de 26 a 40% entre 1993 (cuando se estableció la Unión Europea) y 2008, mientras que en Colombia, durante el periodo 1990-2008, se incrementaron de 15 a 22%, lo cual constituye un nivel de incremento mucho menor (véanse los Indicadores del desarrollo mundial del Banco Mundial).

## CONCLUSIONES

En este trabajo utilizamos datos sobre los hogares colombianos relativos al periodo 1984-2008 con el objetivo de proporcionar evidencias sobre la relación en forma de U entre los salarios y los cambios ocurridos en el empleo en las distintas ocupaciones, hipótesis que también es denominada polarización del empleo. Nuestro propósito principal consiste en hacer uso de los mismos datos para verificar las predicciones clave tanto del modelo canónico del mercado laboral (por ejemplo, Acemoglu, 2002) como del modelo ricardiano del mercado laboral (RMLM) (Acemoglu y Autor, 2011).

Encontramos que la prueba tradicional del SBTC, que es ampliamente usada en la literatura al respecto, aporta evidencias que apoyan al modelo canónico. Aun así, este modelo no da cuenta de algunas características que revelan los datos reunidos aquí. En específico, el modelo se muestra incapaz de captar que, a lo largo de las diferentes ocupaciones, los cambios en la distribución de la mano de obra en la dimensión de sus habilidades se halla conformada en forma de U. Tal como ha sucedido en los Estados Unidos, Canadá y Europa, en el mercado laboral colombiano observamos que los ingresos de los trabajadores situados en la parte intermedia de la distribución del ingreso han disminuido en relación con los ingresos de aquellos situados en el extremo inferior de dicha distribución.

Las evidencias recogidas en el presente trabajo son consistentes con la hipótesis de que la polarización ha estado teniendo lugar en Colombia. La polarización habría llevado a un incremento en la oferta tanto de los trabajadores no cualificados que están a cargo de las tareas manuales —y se hallan en el extremo inferior de la distribución de las ocupaciones en materia salarial o de habilidades—, como de los trabajadores cualificados que se encargan de las tareas abstractas —y se encuentran en el extremo superior de tal distribución—, en relación con los trabajadores encargados de llevar a cabo tareas rutinarias. Las reducciones en el costo del capital computacional habrían conducido a un aumento en el salario de los trabajadores no cualificados a cargo de tareas manuales en relación con los involucrados en tareas rutinarias y, de modo similar, a un incremento en los salarios relativos de los trabajadores cualificados a cargo de tareas abstractas, vistos asimismo en relación con quienes ejecutan tareas rutinarias. Tomadas en conjunto, la evidencia implica que existe una covarianza positiva entre los cambios ocurridos en los salarios y en el empleo

en los puntos extremos de la distribución de los salarios o las ocupaciones (tareas) cualificadas.

APÉNDICE

I. MARCO TEÓRICO

1. *El modelo ricardiano del mercado laboral*

En esta sección presentamos formalmente el modelo ricardiano del mercado laboral desarrollado por Acemoglu y Autor (2011). Este modelo da por sentado que la economía es cerrada, que todos los mercados son competitivos y que no hay ningún intercambio o sustitución en lo que respecta a las tareas. Asimismo, sólo existen tres aportaciones o insumos; a saber, los trabajadores cualificados de nivel elevado, medio y bajo,<sup>30</sup> quienes constituyen una oferta fija y de naturaleza no elástica.<sup>31</sup> La economía tiene un producto final de índole única que se elabora merced a la combinación de un continuo de tareas representadas por el intervalo (0,1). La función de producción de la economía es la siguiente:

$$Y = \exp \left[ \int_0^1 \ln n y_i di \right] \tag{A1}$$

o  $\ln Y = \int_0^1 \ln y_i di$ , donde  $Y$  denota la producción final del bien en cuestión  $y_i$  es el nivel de la tarea  $i$  y su función de producción está determinada por la siguiente ecuación:

$$y_i = A_L \alpha_L l_i + A_M \alpha_M m_i + A_H \alpha_H b_i + A_K \alpha_K k_i \tag{A2}$$

donde  $A_j$  es la tecnología en su capacidad de incrementar los factores<sup>32</sup> y  $\alpha_j$  es la productividad en materia de tareas que distingue a cada aportación ( $j = H, M, L$  o  $K$ ).

<sup>30</sup> Es verdad que Acemoglu y Autor (2011) desarrollan extensiones que permiten la inclusión del capital computacional y la deslocalización.

<sup>31</sup> En un modelo previo, Autor, Katz y Kearney (2006) hablaban solamente de tres clases de tareas. Primero, las tareas rutinarias, como el trabajo administrativo y los procesos de producción de carácter repetitivo, que pueden ser realizados mediante el capital computacional o la mano de obra humana, ambos de los cuales (según se da por supuesto) son perfectos sustitutos para llevar a cabo tareas rutinarias. Luego, las tareas abstractas, que involucran análisis, dirección, coordinación y actividades complejas. Finalmente, las tareas manuales, tales como las ejecutadas por barberos, camioneros, etc. Tanto las tareas abstractas como las manuales son de naturaleza no rutinaria. La introducción de las computadoras afecta la demanda de mano de obra que se ha de suministrar a las tareas rutinarias, y el descenso en el costo que conlleva la adopción de computadoras afecta además la asignación de labores a través de las distintas esferas de tareas.

<sup>32</sup> Igualmente, la tecnología considerada en su capacidad de aumentar los factores,  $A_j$  es definida como el cambio técnico sesgado a favor de las habilidades. Por ejemplo,  $A_H$  es el cambio técnico sesgado a favor de las habilidades elevadas.

Repárese en que cada tarea se podría llevar a cabo mediante combinaciones de trabajadores con habilidades elevadas, medias o bajas, con un perfecto grado de sustitución. No obstante, las ventajas comparativas que hay entre los distintos grupos son determinadas por la productividad que muestra cada factor en la ejecución de tareas ( $\alpha_j$ ). Los supuestos clave sobre las ventajas comparativas son  $\alpha_M/\alpha_H$  y  $\alpha_L/\alpha_M$ , continuamente diferenciables y estrictamente decrecientes.

a) *Equilibrio*. El equilibrio se hace visible en la contratación de factores que maximizan el beneficio de los productores y despejan el mercado laboral. Alcanzado el equilibrio, existirán umbrales entre las distintas tareas llevadas a cabo por cierta cantidad de trabajadores con habilidades bajas ( $L$ ), medias ( $M$ ) y elevadas ( $H$ ). En el plano formal tenemos:

*Lema 1* (véase Acemoglu y Autor, 2011). Dado cualquier equilibrio, existen  $I_L$  e  $I_H$  de manera tal que  $0 < I_L < I_H < 1$ , y por cualquier  $i < I_L$ ,  $m_i = h_i = 0$ , por cualquier  $i \in (I_L, I_H)$ ,  $l_i = h_i = 0$ , y por cualquier  $i > I_H$ ,  $l_i = m_i = 0$ .

El factor clave es que el lema 1 muestra que los límites de los conjuntos producidos por los umbrales,  $I_L$  e  $I_H$ , son endógenos y responderán a los cambios técnicos (lo mismo que a los cambios en la oferta relativa). A continuación, permitamos que  $p_i$  denote el precio de la tarea  $i$  y, al escoger el producto o bien final como numerario, tendremos:

$$Y = \exp \left[ \int_0^1 \ln p_i di \right] \quad (\text{A3})$$

Al utilizar el (A1)-(A3) y el lema 1, podemos deducir que:

$$\begin{aligned} \omega_L &= p_i A_L \alpha_{Li} \quad \forall i < I_L \\ \omega_M &= p_i A_M \alpha_{Mi} \quad \forall i \in (I_L, I_H) \\ \omega_H &= p_i A_H \alpha_{Hi} \quad \forall i < I \end{aligned} \quad (\text{A4})$$

Asimismo, siguiendo las condiciones establecidas arriba, podríamos demostrar que:

$$p_i \alpha_{Li} = P_L, p_i \alpha_{Mi} = P_M, p_i \alpha_{Hi} = P_H \quad (\text{A5})$$

y que:

$$l_i = \frac{L}{I_L} \forall i < I_L, m_i = \frac{M}{I_H - I_L} \forall i \in (I_L, I_H), h_i = \frac{M}{1 - I_H} \forall i > I_H \quad (\text{A6})$$

Ahora bien, la tecnología Cobb-Douglas impuesta en la ecuación (A1) implica que debería igualarse el gasto realizado en todas las tareas. Por ejemplo, si compa-

ramos dos tareas ( $i, i'$ ) llevadas a término por trabajadores con habilidades medias y elevadas ( $I_L < i < I_H < i'$ ), obtenemos:

$$p_i A_M \alpha_{Mi} m_i = p_{i'} A_H \alpha_{Hi'} b_{i'}$$

Y al usar (A5) y (A6), tenemos:

$$\frac{P_H}{P_M} = \left( \frac{1 - I_H}{I_H - I_L} \right) \left( \frac{H}{M} \right)^{-1} \left( \frac{A_H}{A_M} \right)^{-1} \quad (\text{A7})$$

De modo similar, si se comparan dos tareas ( $i, i'$ ) llevadas a cabo por trabajadores con habilidades medias y bajas ( $i < I_L < i' < I_H$ ), tenemos:

$$\frac{P_M}{P_L} = \left( \frac{I_H - I_L}{I_L} \right) \left( \frac{M}{L} \right)^{-1} \left( \frac{A_M}{A_L} \right)^{-1} \quad (\text{A8})$$

Nótese que el precio (costo) relativo que distingue a cada una de las aportaciones o insumos depende de la oferta relativa, de las tecnologías en su capacidad de incrementar relativamente los factores y de los umbrales,  $I_L$  e  $I_H$ . A fin de determinar los niveles de salario y las proporciones salariales tenemos que definir las condiciones de no arbitraje.

b) *Condiciones de no arbitraje.* Las tareas ubicadas en los umbrales,  $I_L$  e  $I_H$ , serán determinadas por la primera y la segunda de las condiciones de no arbitraje. Estas condiciones igualan el costo de producir  $i = I_L$  e  $i' = I_H$  empleando diferentes habilidades.

*Primera condición de no arbitraje:* El umbral  $I_H$  debe ser tal que pueda ser rentable mientras la producción corre a cargo de los trabajadores con habilidades altas o medias.

$$\frac{A_M \alpha_{MI_H} M}{I_H - I_L} = \frac{A_H \alpha_{HI_H} H}{1 - I_H}, \text{ donde } i = I_H \quad (\text{A9})$$

o

$$\left( \frac{1 - I_H}{I_H - I_L} \right) = \left( \frac{\alpha_{MI_H}}{\alpha_{HI_H}} \right) = \frac{A_H H}{A_M M}, \text{ donde } i = I_H \quad (\text{A10})$$

donde el lado derecho de la ecuación (A10) es la oferta efectiva relativa de los trabajadores con habilidades altas en comparación con los de habilidades medias, mientras que el lado izquierdo corresponde a la demanda relativa. Adviértase que la demanda relativa depende de la productividad de la tarea ( $\alpha_j$ ) y de las tareas ubicadas en los umbrales,  $I_L$  e  $I_H$ .

*Segunda condición de no arbitraje:* El umbral  $I_L$  debe ser tal que pueda ser rentable mientras la producción corre a cargo de los trabajadores con habilidades medias o bajas.

$$\frac{A_L \alpha_{L L_L} L}{I_L} = \frac{A_M \alpha_{M I_L} M}{I_H - I_L}, \text{ donde } i = I_L \quad (\text{A11})$$

o

$$\left( \frac{I_H - I_L}{I_L} \right) \left( \frac{\alpha_{L L_L}}{\alpha_{M I_L}} \right) = \frac{A_M M}{A_L L}, \text{ donde } i = I_L \quad (\text{A12})$$

donde el lado derecho de la ecuación (A12) es la oferta efectiva relativa de los trabajadores con habilidades medias en comparación con los de habilidades bajas, mientras que el lado izquierdo corresponde a la demanda relativa. Adviértase que la demanda relativa depende de la productividad de la tarea ( $\alpha_j$ ) y de las tareas ubicadas en los umbrales,  $I_L$  e  $I_H$ .

Una vez asegurados de que se hayan determinado la primera y la segunda de las condiciones de no arbitraje, así como los umbrales, podremos encontrar los niveles de salarios y las proporciones salariales tal como se dan en las distintas habilidades. Las ecuaciones del salario son:

$$\begin{aligned} w_L &= P_L A_L \\ w_M &= P_M A_M \\ w_H &= P_H A_H \end{aligned} \quad (\text{A13})$$

Y las ecuaciones de las proporciones relativas al salario son:

$$\begin{aligned} \frac{w_H}{w_M} &= \left( \frac{1 - I_H}{I_H - I_L} \right) \left( \frac{H}{M} \right)^{-1} \\ \frac{w_M}{w_L} &= \left( \frac{I_H - I_L}{I_L} \right) \left( \frac{M}{L} \right)^{-1} \end{aligned} \quad (\text{A14})$$

Las ecuaciones (A13) y (A14) muestran el papel central que desempeña el tipo de representación de las tareas y habilidades en el modelo. En general, los salarios relativos pueden expresarse como una función de la oferta relativa y de las tareas ubicadas en los umbrales, las cuales, a su vez, son endógenas y representan una función de la tecnología en su capacidad de incrementar los factores ( $A_j$ ), así como de la productividad de las tareas ( $\alpha_j$ ).

Repárese en que si damos por supuesto que solamente hay dos tipos de trabajadores cualificados,  $H$  y  $L$ , y sólo dos tareas corresponden de manera estrecha a

cada habilidad, este modelo sería idéntico al modelo canónico (Acemoglu, 2002), salvo por la tecnología Cobb-Douglas impuesta en la ecuación (A1). En ese caso, el precio y el salario relativos serán:

$$\frac{P_H}{P_L} = \left( \frac{A_H}{A_L} \right)^{-1/2} \left( \frac{H}{M} \right)^{-1/2} \tag{A15}$$

$$\frac{w_H}{w_L} = \left( \frac{A_H}{A_L} \right)^{1/2} \left( \frac{H}{M} \right)^{-1/2} \tag{A16}$$

donde, por consiguiente, la elasticidad de la sustitución es igual a 2.

### 2. El modelo canónico del mercado laboral

Aquí sólo proporcionamos los elementos básicos del modelo canónico. En este caso, el modelo estándar considera que hay dos tipos de trabajadores: los cualificados,  $H$ , y los no cualificados,  $L$ , quienes constituyen insumos en la siguiente función de producción de elasticidad de sustitución constante (CES, por sus siglas en inglés), para la economía agregada:

$$Y = [(A_L L)^\rho + (A_H H)^\rho]^{1/\rho}, \rho \leq 1 \tag{A17}$$

donde  $\sigma = 1/(1 - \rho)$  es la elasticidad de sustitución entre los trabajadores cualificados y los no cualificados. Nótese que este modelo da por sentado de manera implícita que se da una perfecta sustitución en los diversos grupos de edad con el mismo nivel de escolaridad. (Para un modelo que atenúa la fuerza de este supuesto véase Card y Lemieux, 2001.) Los supuestos de la optimización estándar implican que hay la siguiente relación entre los salarios relativos y las ofertas relativas:

$$\frac{W_H}{W_L} = \left( \frac{A_H}{A_L} \right)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \left( \frac{H}{L} \right)^{\frac{-1}{\sigma}} \tag{A18}$$

Adviértase que si damos por sentado que la tecnología Cobb-Douglas con elasticidad de sustitución es igual a 2, se da una convergencia entre la ecuación (A2) y la ecuación (A16). Ahora bien, podemos emplear logaritmos en la ecuación (A18).

$$\ln \left( \frac{W_H}{W_L} \right) = \left( \frac{\sigma-1}{\sigma} \right) \ln \left( \frac{A_H}{A_L} \right) - \left( \frac{1}{\sigma} \right) \ln \left( \frac{H}{L} \right) \tag{A19}$$

En este modelo, un incremento en  $A_H/A_L$  cuando  $\sigma > 1$ , esto es, cuando los trabajadores cualificados y los no cualificados son sustitutos brutos, consistirá en el

reemplazo de los no cualificados.<sup>33</sup> Finalmente, siguiendo lo que Acemoglu (2002) llama la hipótesis de la demanda sostenida, la estructura de la demanda de habilidades ha evolucionado de acuerdo con  $\ln(A_h/A_l) = \gamma_0 + \gamma_1 t$ , donde  $t$  es el tiempo, lo que supone que el SBTC ha progresado constantemente, e implica que la relación previa se convierte en:

$$\ln\left(\frac{W_H}{W_L}\right) = \left(\frac{\sigma-1}{\sigma}\right)\gamma_0 + \left(\frac{\sigma-1}{\sigma}\right)\gamma_1 t - \left(\frac{1}{\sigma}\right)\ln\left(\frac{H}{L}\right) \quad (\text{A20})$$

la cual es la ecuación que, según se estima por lo común, da cuenta de la relación entre los salarios relativos y las cantidades. Siempre que se encuentra una covarianza positiva entre estas variables durante un periodo determinado de tiempo, se la toma como una evidencia de SBTC. Vinculado a este caso, el modelo de Krusell *et al.* (2000) emplea una configuración en la que el capital funge como complemento de la mano de obra cualificada y es sustituto de la mano de obra no cualificada. Al usar su modelo, esos autores pueden explicar el resultado empírico obtenido para los Estados Unidos bajo la hipótesis de la demanda sostenida, puesto que los nuevos términos que incluyen en (A4) se hallan relacionados casi a la perfección con la tendencia temporal utilizada por Katz y Murphy (1992) a fin de simular la demanda relativa de mano de obra, lo que induce a Krusell *et al.* (2000) a concluir que la tendencia temporal de Katz y Murphy es un buen indicador de la complementariedad del capital y las habilidades en el periodo examinado.

## II. DATOS SOBRE LAS OCUPACIONES Y LAS DEFINICIONES DE LAS TAREAS

En el caso de Colombia usamos 77 ocupaciones que son comparables para el periodo 1984-2009 (véase el cuadro A1). Excluimos de nuestro análisis a los individuos que están dedicados de lleno a tareas como *i*) el sacerdocio, las misiones o *ii*) el atletismo, el deporte y los empleos vinculados a esas actividades. Las definiciones de las diferentes tareas están disponibles en la Clasificación Nacional de Ocupaciones suministrada por el DANE que adoptó la categorización internacional de ocupaciones CNO70; a su vez, esta última se basa en la Clasificación Estándar Internacional de Ocupaciones (ISCO, por sus siglas en inglés). El manual de la CNO70 cuenta con un nombre y una definición que describen la tarea principal, las obligaciones y las funciones de cada ocupación.

<sup>33</sup> Véase por ejemplo Freeman (1976); Katz y Murphy (1992); Autor, Katz y Krueger (1998); Johnson y Stafford (1998); Murphy, Riddell y Romer (1998); Autor, Katz y Kearney (2008), y los estudios de Gordon y Dew-Becker (2008) y de Acemoglu (2002), en los que esta sección se basa en gran medida, así como las referencias citadas allí.



De acuerdo con la CNO70, lo que posee relevancia a la hora de clasificar a un individuo en una ocupación en particular es la naturaleza de las funciones o tareas que lleva a cabo, y no sus logros académicos, como títulos o certificados que haya podido obtener. Así pues, un economista que trabaja como taxista no quedará clasificado bajo el rubro de “economistas”, sino bajo el de “conductores de vehículos diferentes de camiones de basura”.

Para cada ocupación calculamos la media del ingreso y la escolaridad promedio en el periodo inicial —en este caso 1984—. Utilizando esta información, elaboramos la prueba y obtenemos las cifras alusivas a la polarización en el mercado laboral. Las ocupaciones se clasificaron en cinco grupos dependiendo de si su tarea principal era de índole abstracta, rutinaria o manual. Los cinco grupos corresponden a los definidos por Autor, Levy y Murnane (2003): *i*) las ocupaciones de carácter no rutinario y de tendencia cognitivo/interactiva (DCP); *ii*) las de carácter no rutinario y de tendencia cognitivo/analítica (MATH); *iii*) las de carácter rutinario y cognitivo (STS); *iv*) las de carácter rutinario y manual (Finger), y *v*) las de carácter no rutinario y de tendencia manual (EHF). Para desarrollar la clasificación empleamos el manual de la CNO70 y las definiciones de Autor, Levy y Murnane (2003).

En el primer grupo —DCP— se clasificaron las ocupaciones en las que se llevan a cabo tareas con un componente analítico y administrativo de alto grado, como la responsabilidad de dirigir empresas o instituciones. En el segundo grupo —MATH— se clasificaron las tareas en las que se requiere sobre todo el razonamiento cuantitativo, por ejemplo las ocupaciones asociadas con la ingeniería, la medicina o la economía. El tercer grupo —STS— comprende tareas cuyo principal requisito es la habilidad de adaptarse a empleos donde es necesario fijar límites, zonas de tolerancia o estándares. El cuarto grupo —Finger— incluye las tareas en las que sobresalen el componente rutinario y la destreza manual. En el último grupo —EHF— se encuentran las tareas que a la vez exigen un alto grado de destreza manual y son de carácter no rutinario, en las que tiene un papel importante la coordinación ojo-mano-pie, como las que desempeñan los empleados domésticos y los camioneros o taxistas.

#### CUADRO A1. *Las ocupaciones en Colombia según los datos reunidos*

- 
1. Químicos y físicos de todas las especialidades
  2. Arquitectos e ingenieros
  3. Técnicos en ingeniería y estadística
  4. Topógrafos y agrimensores
  5. Diseñadores y técnicos asociados
  6. Oficiales en cubierta o conductores de oficiales
  7. Biólogos, zoólogos y científicos relacionados
  8. Técnicos en el área de la salud y la biología
  9. Médicos, dentistas, veterinarios, enfermeros profesionales y personal asociado

10. Estadísticos, matemáticos, analistas de sistemas y técnicos relacionados
11. Economistas
12. Contadores
13. Juristas, abogados y jueces
14. Profesores (sin incluir los de educación física)
15. Autores, periodistas y escritores en general
16. Escultores, pintores, fotógrafos y artistas creativos relacionados
17. Compositores e intérpretes
18. Trabajadores profesionales o técnicos y asociados no incluidos antes
19. Funcionarios legislativos y administradores gubernamentales
20. Gerentes
21. Jefes de empleados de oficina
22. Personal administrativo del sector público
23. Secretarios y mecanógrafos
24. Tenedores de libros, cajeros y empleados relacionados
25. Operadores de máquinas calculadoras y de teneduría de libros
26. Supervisores de transporte y comunicaciones
27. Carteros y mensajeros
28. Operadores de teléfonos y telégrafos, y de navegación y radio
29. Personal administrativo y trabajadores no clasificados
30. Directores y gerentes de comercio al mayoreo y al menudeo
31. Dueños de comercios al mayoreo y al menudeo
32. Jefes de promotores de venta, supervisores de ventas
33. Técnicos agentes de ventas y representantes de fábricas
34. Agentes de seguros, corredores y vendedores de bienes raíces
35. Empleados de ventas y trabajadores de comercios asimilados
36. Mercaderes y vendedores no clasificados previamente
37. Encargados de hoteles, bares y similares
38. Gerentes de propietarios de hoteles, bares y similares
39. Jefes de personal de intendencia en hoteles, cocineros, camareros y personal de servicio no clasificado antes
40. Guardianes de edificios, personal de limpieza y trabajadores asimilados
41. Operadores de lavadoras, tintorerías y/o máquinas correspondientes
42. Peluqueros, especialistas en tratamientos de belleza y trabajadores asimilados
43. Trabajadores a cargo de protección y seguridad personal
44. Trabajadores de servicios no clasificados antes
45. Gerentes y jefes de granjas
46. Granjeros y hacendados o propietarios no especializados
47. Trabajadores agrícolas en general: silvicultores, pescadores, cazadores y asimilados
48. Empleados en minería: capataces y supervisores, y capataces en fábricas
49. Mineros, trabajadores de cantera y sondistas
50. Trabajadores metalúrgicos, fundidores de altos hornos y expertos en el tratamiento térmico de metales
51. Trabajadores dedicados al tratamiento de la madera y la manufactura de papel
52. Operadores de plantas térmicas para tratamientos químicos
53. Hilanderos, tejedores, tintoreros y trabajadores asimilados
54. Trabajadores dedicados a la preparación, el curtido y el procesamiento del cuero

55. Trabajadores dedicados a la preparación de alimentos y bebidas
56. Trabajadores dedicados al procesamiento del tabaco rapé
57. Sastres, modistos, tapiceros y trabajadores asimilados
58. Zapateros
59. Fabricantes de armarios, operadores de máquinas para tallar madera y carpinteros
60. Fabricantes de ornamentos de rocas como granito, mármol y piedra caliza
61. Trabajadores dedicados al corte de metales
62. Trabajadores dedicados a la prueba, el ensamblado y la instalación de maquinaria
63. Electricistas, reparadores de radios y televisores o ensambladores de artículos electrónicos
64. Operadores de estaciones de radio y televisión y de exhibición de películas
65. Soldadores, plomeros y trabajadores dedicados a instalar tuberías
66. Joyeros, plateros y trabajadores dedicados al tallado y pulido de piedras preciosas
67. Fabricantes de vidrios, ceramistas y trabajadores asociados
68. Manufactureros de hule y plástico
69. Fabricantes de productos de papel y cartón
70. Trabajadores dedicados a las artes gráficas
71. Pintores de edificios y construcciones
72. Manufactureros y trabajadores no clasificados previamente
73. Trabajadores del área de la construcción
74. Operadores de máquinas en instalaciones y trabajadores asimilados
75. Trabajadores dedicados al transporte de mercancías, la estibación, el flete y el empaque
76. Conductores de vehículos diferentes de camiones
77. Trabajadores manuales en general, limpiabotas y recolectores de basura o de otros materiales

---

FUENTE: DANE, encuestas aplicadas a los hogares y Clasificación Nacional de Ocupaciones.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acemoglu, D (2002), “Technical Change, Inequality, and the Labor Market”, *Journal of Economic Literature*, vol. 40, núm. 1, pp. 7-72.
- (2003), “Patterns of Skill Premia”, *Review of Economic Studies*, vol. 70, núm. 2, pp. 199-230.
- (2007), “Equilibrium Bias of Technology”, *Econometrica*, vol. 75, núm. 5, pp. 1371-1409.
- , y D. Autor (2011), “Skills, Tasks, and Technologies: Implications for Employment and Earnings”, en D. Card y O. Ashenfelter (eds.), *Handbook of Labor Economics*, vol. 4, cap. 12, North Holland, Ámsterdam, pp. 1043-1171.
- , y D. Autor (2012), “What Does Human Capital Do? A Review of Goldin and Katz’s *The Race between Education and Technology*”, *Journal of Economic Literature*, vol. 50, núm. 2, pp. 426-463.
- , G. Gancia y F. Zilibotti (2015), “Offshoring and Directed Technical Change”, *American Economic Journal: Macroeconomics*, vol. 7, núm. 3, pp. 84-122.
- , y F. Zilibotti (2001), “Productivity Differences”, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 116, núm. 2, pp. 563-606.

- Arango, L. E., C. E. Posada y J. D. Uribe (2004), “Cambios en la estructura de los salarios urbanos en Colombia (1984-2000)”, *Borradores de Economía* 297, Banco de la República de Colombia.
- Attanasio, O., P. K. Goldberg y N. Pavcnik (2003), “Trade Reforms and Wage Inequality in Colombia”, documento de trabajo, núm. 9830, NBER, Washington, D. C.
- Autor, D. H., L. Katz y A. Krueger (1998), “Computing Inequality: Have Computers Changed the Labor Market?”, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 113, núm. 4, pp. 1169-1213.
- , L. F. Katz y M. S. Kearney (2006), “The Polarization of the U. S. Labor Market”, *The American Economic Review*, vol. 96, núm. 2, pp. 189-194.
- , L. F. Katz y M. S. Kearney (2008), “Trends in U.S. Wage Inequality: Revising the Revisionists”, *The Review of Economics and Statistics*, vol. 90, núm. 2, pp. 300-323.
- , F. Levy y R. J. Murnane (2003), “The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration”, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 118, núm. 4, pp. 1279-1333.
- , Frank Levy y Richard J. Murnane (2000), “Upstairs, Downstairs: Computer-Skill Complementarity and Computer-Labor Substitution on Two Floors of a Large Bank”, documento de trabajo, núm. 7890, NBER, Washington, D. C.
- Beaudry, P., D. A. Green y B. M. Sand (2013), “The Great Reversal in the Demand for Skill and Cognitive Tasks”, documento de trabajo núm. 18901, NBER, Washington, D. C.
- Benzell, S. G., L. J. Kotlikoff, G. LaGarda y J. D. Sachs (2015), “Robots Are Us: Some Economics of Human Replacement”, documento de trabajo, núm. 20941, NBER, Washington, D. C.
- Borghans, L., y B. Ter Weel (2007), “The Diffusion of Computers and the Distribution of Wages”, *European Economic Review*, vol. 51, núm. 3, pp. 715-748.
- Bresnahan, T. F., E. Brynjolfsson y L. M. Hitt (2002), “Information Technology, Workplace Organization, and the Demand for Skilled Labor: Firm-Level Evidence”, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 117, núm. 1, pp. 339-376.
- Card, D., y T. Lemieux (2001), “Can Falling Supply Explain the Rising Return to College for Younger Men? A Cohort-Based Analysis”, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 116, núm. 2, pp. 705-746.
- Cárdenas, M., y R. Bernal (1999), *Changes in the Distribution of Income and the New Economic Model in Colombia*, CEPAL, Países Bajos (Serie Reformas Económicas, núm. 36).
- , y R. Bernal (2003), “Determinants of Labor Demand in Colombia: 1976-1996”, documento de trabajo, núm. 10077, NBER, Washington, D. C.
- Caselli, F., y W. Coleman (2006), “The World Technology Frontier”, *American Economic Review*, vol. 96, núm. 3, pp. 499-522.
- DiNardo, J. E., y John-Steffen Pischke (1997), “The Returns to Computer Use Revis-

- ited: Have Pencils Changed the Wage Structure Too?”, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 112, núm. 1, pp. 291-303.
- Dustmann, C., J. Ludsteck y U. Schönberg (2007), “Revisiting the German Wage Structure”, mimeografiado, University of Rochester, febrero.
- Freeman, R. (1976), *The Overeducated American*, Academic Press, Nueva York.
- Gallego, F. (2012), “Skill Premium in Chile: Studying Skill Upgrading in the South”, *World Development*, vol. 40, núm. 3, pp. 594-609.
- Goos, M., y A. Manning (2007), “Lousy and Lovely Jobs: The Rising Polarization of Work in Britain”, *Review of Economics and Statistics*, vol. 89, núm. 1, pp. 118-133.
- , A. Manning y A. Salomons (2009a), “Recent Changes in the European Employment Structure: The Roles of Technology and Globalization”, publicaciones de acceso abierto de la Katholieke Universiteit Leuven, Katholieke Universiteit Leuven.
- , A. Manning y A. Salomons (2009b), “Job Polarization in Europe”, *American Economic Review*, vol. 99, núm. 2, pp. 58-63.
- Gordon, R. J., e I. Dew-Becker (2008), “Controversies About the Rise of American Inequality: A Survey”, documento de trabajo, núm. 13982, NBER, Washington, D. C.
- Green, D. A., y B. Sand (2014), “Has the Canadian Labour Market Polarized?”, *Canadian Journal of Economics*, vol. 48, núm. 2, pp. 612-646.
- Johnson, G., y F. Stafford (1998), “Technology Regimes and the Distribution of Real Wages”, en Christopher Greene y Gunnar Eliasson (eds.), *Microfoundations of Economic Growth: A Schumpeterian Perspective*, University of Michigan Press, Ann Arbor.
- Katz, L., y K. Murphy (1992), “Changes in Relative Wages: Supply and Demand Factors”, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 107, núm. 1, pp. 35-78.
- Krueger, A. B. (1993), “How Computers Have Changed the Wage Structure: Evidence from Microdata, 1984-1989”, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 108, núm. 1, pp. 33-60.
- Krusell, P., L. E. Ohanian, J.-V. Ríos-Rull y G. L. Violante (2000), “Capital-Skill Complementarity and Inequality: A Macroeconomic Analysis”, *Econometrica*, vol. 68, núm. 5, pp. 1029-1053.
- Londoño, J. L. (1990), “Income Distribution during the Structural Transformation: Colombia 1938-1988”, tesis doctoral, Harvard University, Cambridge.
- Mazzucato, M. (2002), “The PC Industry: New Economy or Early Life-Cycle?”, *Review of Economic Dynamics*, vol. 5, núm. 2, pp. 318-345.
- Medina, C., y C. Posso (2010), “Technical Change and Polarization of the Labor Market: Evidence for Brazil, Colombia, and Mexico”, *Borradores de Economía*, núm. 614, Banco de la República de Colombia.
- , y C. Posso (2011), “Colombian Immigrants in the United States of America: Education Levels, Job Qualifications, and the Decision to Go Back Home”, *ESPE (Ensayos sobre Política Económica)*, vol. 29, núm. 65, pp. 12-59.

- Medina, C., y C. Posso (2009), “Colombian and South American Immigrants in the United States of America: Education Levels, Job Qualifications and the Decision to Go Back Home”, *Borradores de Economía*, núm. 572, Banco de la República de Colombia.
- Murphy, K., W. C. Riddell y P. M. Romer (1998), “Wages, Skills, and Technology in the United States and Canada”, documento de trabajo, núm. 6638, NBER, Washington, D. C.
- Núñez, J., y J. Jiménez (1997), “Corrección de los ingresos de las encuestas de hogares y distribución del ingreso urbano de Colombia”, *Archivos de Economía*, DDE-DNP.
- , y F. Sánchez (1998a), “Educación y salarios relativos en Colombia: 1976-1995. Determinantes, evolución e implicaciones para la distribución del ingreso”, *Archivos de Economía*, núm. 74, DDE-DNP.
- , y F. Sánchez (1998b), “Descomposición de la desigualdad del ingreso laboral urbano en Colombia: 1976-1997”, *Archivos de Economía*, núm. 86, DDE-DNP.
- Peri, G., y C. Sparber (2008), “Highly-Educated Immigrants and Native Occupational Choice”, documentos de discusión, núm. 13/08, CDP.
- , y C. Sparber (2009), “Task Specialization, Immigration, and Wages”, *American Economic Journal: Applied Economics*, vol. 1, núm. 3, pp. 135-169.
- Robbins, D. (2001), “Trade Opening and Distribution in Colombia: A Time-Series Analysis of Colombia’s Seven Principal Cities”, *Cuadernos de Administración*, vol. 16, núm. 26, pp. 11-34.
- Sánchez-Páramo, C., y N. Schady (2003), “Off and Running? Technology, Trade, and the Rising Demand for Skilled Workers in Latin America”, documento de trabajo de Investigación de Políticas, serie 3015.
- Santa María, M. (2004), “Income Inequality, Skills, and Trade: Evidence from Colombia during the 80s and 90s”, documento CEDE, núm. 2004-02, Universidad de los Andes, Facultad de Economía, Colombia.
- Spitz, A. (2004), “Using Methods of Treatment Evaluation to Estimate the Wage Effect of IT Usage”, documento de discusión, núm. 04-67, ZEW, Mannheim.
- (2006), “Technical Change, Job Tasks, and Rising Educational Demands: Looking Outside the Wage Structure”, *Journal of Labor Economics*, vol. 24, núm. 2, pp. 235-270.
- (2008), “The Returns to Pencil Use Revisited”, *Industrial and Labor Relations Review*, vol. 61, núm. 4, pp. 502-517.