



SOBRE EL IMPACTO DISTRIBUTIVO DE LARGO PLAZO DEL PROGRESO TECNOLÓGICO INCORPORADO (SIN EFECTO DERRAME) SOBRE LOS PAÍSES EN DESARROLLO*

Raúl Fuentes Z.**

Javier Scavia D.***

Juan Berríos G.***

I. INTRODUCCIÓN

En los países en vías de desarrollo, los avances tecnológicos se consiguen mediante la adopción (y/o adaptación) de nuevas tecnologías creadas y desarrolladas en los países más avanzados, especialmente las preexistentes. Los diversos factores internos que determinan el éxito con que los países en desarrollo son capaces de absorber y ocupar las tecnologías adoptadas o adaptadas, son esenciales para entender cómo dichos avances contribuyen al PIB. Si bien esta relación ha sido estudiada bajo el supuesto de que el progreso tecnológico no está incorporado al capital físico, pocos estudios han examinado este tema suponiendo que sí lo está, particularmente desde una óptica más teórica. Por otra parte, los mecanismos de propagación a través de los cuales la adopción de tecnología afecta otros importantes aspectos económicos que no son bien capturados por el PIB han sido poco documentados en la literatura del progreso tecnológico, particularmente desde la perspectiva del progreso tecnológico incorporado al capital físico (PTICF, de aquí en adelante). Este trabajo tiene como objetivo general el de contribuir a llenar estos vacíos.

Para el cumplimiento de tal objetivo, nos concentramos en estudiar los efectos distributivos de largo plazo que tendría sobre una economía en desarrollo la sofisticación de su capacidad productiva —y el acortamiento de la brecha tecnológica con los países avanzados— basada en el PTICF. En particular, analizamos la factibilidad teórica de lograr soluciones que podrían hacer compatible el crecimiento económico con menos desigualdad de ingresos. Estamos conscientes de que este objetivo podría ser visto como muy ambicioso por dos razones, una específica al tema aquí abordado y otra de naturaleza más bien general.

En primer lugar, el influyente trabajo de Jovanovic (1998) contiene una evaluación importante de la relación entre el progreso tecnológico incorporado y la desigualdad de ingresos. Haciendo abstracción de cualquier interpretación desarrollista, él argumentó que, desde una perspectiva

* Los autores agradecen a Rodrigo Caputo, Gonzalo Castex, Paulo Cox, Oscar Orellana y a los participantes de la reunión anual de la Sociedad de Económica de Chile (Sechi 2013) -celebrada en Santiago- por sus útiles comentarios. Fuentes y Scavia agradecen el apoyo financiero de la Dirección General de Investigación y Postgrado de la Universidad Técnica Federico Santa María (Becas DGIP-281232 y DGIP-286287, respectivamente).

** Autor principal: Departamento de Industrias, Economía y Negocios, Universidad Técnica Federico Santa María, E-mail: raul.fuentes@usm.cl

*** Universidad Técnica Federico Santa María. E-mails: javier.scavia@usm.cl; juan.berrios@alumnos.usm.cl

puramente teórica, los modelos de *vintage capital* son muy adecuados para explicar la disparidad de ingresos entre individuos o países. Dicho argumento se puede resumir de la siguiente manera: "si las máquinas son indivisibles, un modelo de generaciones de capital debería generar desigualdad de ingresos si las nuevas máquinas son siempre mejores que las viejas y si la sociedad no puede proporcionar a todos una nueva máquina todo el tiempo. Bajo el supuesto de que la calidad de la máquina y la habilidad son complementarias, dicha desigualdad persistirá indefinidamente"¹. Esta conceptualización de la disparidad de ingresos ha llegado a cuestionar los mecanismos exógenos típicos asociados con su génesis, a saber, la política (fiscal) o las diferencias en las dotaciones iniciales de los individuos². En cambio, la desigualdad de ingresos sería el resultado de diferentes decisiones de inversión llevadas a cabo en las economías.

En segundo lugar, y desde una óptica más general, nuestro trabajo podría interpretarse como un reto al argumento estándar que defiende la existencia de una significativa disyuntiva entre el crecimiento económico y la equidad, y el cual sostiene que estos dos objetivos son, a menudo, mutuamente excluyentes a la hora de diseñar políticas gubernamentales. Aunque no pretendemos con este trabajo refutar dicho argumento, creemos que, a la luz de los conocimientos actuales, de la evidencia empírica reciente y del actual estatus político en torno a esta materia³, nuestra modesta propuesta abre una nueva ventana hacia una revisión más profunda de esta compleja disyuntiva, sobre todo, a partir del enfoque de incorporación (*embodiment*) aquí propuesto⁴. Dos pilares sustentan nuestra hipótesis. Primero, la evidencia muestra que algunos países en desarrollo (sobre todo en Asia y América Latina) han estado realizando grandes esfuerzos en la implementación de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) desde la década de 1990 para mejorar la conectividad.

Actualmente, los datos disponibles sugieren que la proporción en el PIB de productos importados de alta tecnología se ha incrementado en más de 50% desde mediados de la década de 1990 en los países de bajos ingresos, y en 70% en los países de ingresos medios⁵. Por lo tanto, es evidente que algunos países en desarrollo han estado tratando de adoptar nuevas tecnologías y que la tecnología que transmite esta adopción ha sido sofisticada y específica, es decir, incorporada al capital físico⁶. Boucekkine et al. (2006a) explican intuitivamente esta idea: "No tiene sentido separar la tecnología Pentium de su soporte físico (...) Cuando se aprovechaban las ventajas de la invención de las primeras herramientas eléctricas, solo bastaba con encender una luz, pero utilizando un computador esto es más complicado"⁷. Por otra parte, la importancia que ha tenido el PTICF en el crecimiento económico de los países ha

1 Traducido del inglés por los autores.

2 Modelos que asumen este tipo de enfoque exógeno de los fundamentos de la desigualdad de ingresos pueden ser vistos en García-Peñalosa y Turnovsky (2005), (2006), y Galor y Zeira (1993).

3 Nos referimos a que, a pesar de que la discusión de la disyuntiva entre eficiencia y equidad ha estado en el centro del debate económico durante décadas (ver, por ejemplo, Kuznets (1955)), los efectos distributivos del progreso económico son hoy temas de discusión permanentes y transversales en el ámbito político, lo que ofrece un impluso extra para seguir revisando esta disyuntiva desde nuevos ángulos.

4 Nos referimos al enfoque basado en el PTICF.

5 Ver *Global Economic Prospects*, capítulo 3: "Technology Diffusion in the Developing World", Banco Mundial (2008).

6 En este contexto, la mayor parte de este esfuerzo se ha concentrado en el campo de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs), lo que ha llevado a los países, especialmente en Asia y América Latina, a invertir fuertemente en equipos tales como ordenadores más potentes, equipos de telecomunicaciones más rápidos, robotización de las líneas de montaje, etc.

7 Traducido del inglés por los autores.



sido ampliamente estudiada en las últimas décadas, en particular en las economías avanzadas. Greenwood et al. (1997) encontraron que aproximadamente el 60% del crecimiento de la productividad de EE.UU. en la posguerra, puede atribuirse al cambio tecnológico incorporado. Sakellaris y Wilson (2004) encontraron evidencia empírica que sugiere que la contribución anual de los equipos tecnológicos al crecimiento de la productividad laboral en EE.UU. es de aproximadamente 1,67 puntos porcentuales, con estimaciones de crecimiento promedio de la productividad laboral en la industria manufacturera de EE.UU. en torno al 2,7%. Este hallazgo implica que las mejoras en los equipos representan una fracción muy grande del aumento de la productividad.

Más recientemente, la evidencia reportada por Ströbel (2013) muestra que, para 12 países de la OCDE incluidos en una muestra que cubre el período 1995-2007, hay un sesgo en el cambio tecnológico hacia los insumos de alta tecnología, y que la difusión de la tecnología incorporada representa una importante fuente de mejora de la productividad sectorial. Por el lado teórico, las obras de Krusell (1998), Benhabib y Hobijn (2002) y Boucekkine et al. (2003a, 2003b, 2005) son importantes para comprender las positivas implicancias del PTICF sobre la modernización del capital y, por ende, sobre el crecimiento económico (eficiencia) de largo plazo. Desafortunadamente, la extensión de estos esfuerzos de investigación hacia el mundo en vías de desarrollo ha sido escasa. Al respecto, Boucekkine et al. (2006a) sugieren que cuando el progreso tecnológico está incorporado al capital físico, deberían tomarse en cuenta las condiciones locales a la hora de diseñar políticas de adopción tecnológica, particularmente durante el corto plazo. En particular, dada la escasez de mano de obra calificada y las limitadas capacidades de absorción tecnológica existentes en los países en desarrollo, no sería óptimo que dichos países comprometieran masivos e inmediatos esfuerzos (laborales) de adopción cuando ocurre una aceleración tecnológica (exógena) en los países desarrollados.

En un trabajo reciente, Fuentes et al. (2014a), basados en una muestra de 27 países en desarrollo y asumiendo un rol proactivo de la calidad de las instituciones en la dinámica del factor de productividad total en presencia del PTICF, encuentran evidencia de que el mejoramiento o empeoramiento de dicha calidad, influencia la movilidad intersectorial del recurso humano calificado y, por ende, la desigualdad de ingresos de largo plazo. Específicamente, los autores sugieren que una mejora (un deterioro) de la calidad institucional disminuye (aumenta) dicha desigualdad. La falta de más conocimiento acerca del impacto del PTICF sobre el desarrollo económico de las economías del Sur hace pertinente entonces más esfuerzos de investigación sobre este tema.

En segundo lugar, Berg et al. (2012) desafiaron hace poco el punto de vista convencional argumentando que, en el largo plazo, la disyuntiva entre la eficiencia y la equidad podría no existir. De hecho, esta última, parece ser un elemento importante para promover y sostener el crecimiento. Mediante la identificación de cambios estructurales en el crecimiento económico de 140 países, estos autores encontraron evidencia de que, a largo plazo, el crecimiento sostenido se relaciona positivamente con un conjunto de características económicas y políticas, tales como: (1) una distribución más equitativa de los ingresos, la presencia de instituciones democráticas, (2) la apertura al comercio y a la inversión extranjera directa, y (3) una estructura de exportación o de producción que favorece las exportaciones de productos y servicios más sofisticadas. En este trabajo no pretendemos proveer un modelo que tome en cuenta todos estos hallazgos. Nuestra aproximación es bastante más estrecha y guarda relación con el tercer elemento encontrado por estos autores: creemos que la sofisticación productiva de la economía, modelada aquí a través del PTICF, es un ingrediente que podría ayudar a encontrar caminos de crecimiento con más equidad.

El modelo que proponemos en este artículo es una versión más estilizada del modelo de Boucekkine et al. (2006a). Hay tres sectores en la economía: i) el sector que produce bienes finales (consumo e inversión); ii) el sector que produce bienes intermedios (capital físico), y iii) el sector que adopta (o imita) tecnologías preexistentes. Suponemos que el trabajo es heterogéneo (trabajadores calificados y no calificados) y escaso. Entendemos que la categorización del trabajo entre calificado y no calificado (la cual puede metafóricamente sintetizarse en la distinción *ingeniero-obrero*) es una forma muy gruesa de capturar la heterogeneidad de las habilidades existentes en una economía. Sin embargo, en un contexto de países en desarrollo, el supuesto es defendible, ya que en estos países, dichas habilidades tienden a estar más polarizadas debido a la escasez de habilidades intermedias (como las de técnico superior, por ejemplo).

Suponemos perfecta movilidad sectorial del trabajo y del capital⁸. El nivel del progreso tecnológico que resulta del proceso de adopción es calculado endógenamente. Siguiendo la convención iniciada desde el trabajo de Nelson-Phelps (1966), mantenemos el supuesto de que la brecha tecnológica solo puede desaparecer asintóticamente. Además, inspirados en Fuentes et al. (2014a) y Fuentes et al. (2014b), suponemos un cierto grado de ineficiencia en la adopción, el cual se puede asociar con fenómenos tales como barreras administrativas hacia la adopción, abandono del nuevo capital creado, falta de capacidades y habilidades para el correcto manejo de dicho capital, fuga de capital humano calificado, y traslados continuos e innecesarios de capital de un lugar a otro, entre otros.

Por otra parte, suponemos que no existe una conexión entre el PTICF y el progreso tecnológico no incorporado (medido este último a través de cambios en la productividad total de factores TPF). En otras palabras, nuestro modelo no tiene externalidades. Por lo tanto, la solución del óptimo social es suficiente para nuestros propósitos. La ausencia de efectos de "derrame" desafía la visión optimista (y tal vez intuitiva) que se tiene sobre el alcance de la transferencia tecnológica en la economía. Al respecto, Boucekkine et al. (2006b) afirman que dicha ausencia "proyecta una sombra de duda sobre la utilidad de la adopción de tecnología en un entorno donde los recursos laborales son escasos y la absorción tecnológica es tenue"⁹. Sin embargo, la presencia o no de externalidades tecnológicas dentro de la economía sigue siendo un tema abierto al debate. Mientras algunos estudios apoyan la extensión de estos efectos hacia toda la economía, otros no¹⁰. Por lo tanto, ambos puntos de vista merecen atención desde un punto de vista teórico. Con este marco teórico, nos preguntamos por los efectos distributivos de largo plazo (y sus determinantes) ocasionados por las decisiones óptimas de consumo e inversión-específica¹¹ coherentes con la maximización del bienestar social. Más importante aún, nos preguntamos por la factibilidad de minimizar el potencial daño distributivo de dichas decisiones por medio de *shocks* institucionales y tecnológicos seleccionados.

La primera (y principal) contribución es la siguiente: contrariamente al actual consenso logrado a partir de modelos basados en la complementariedad entre el capital y las habilidades y en aquellos basados en el cambio tecnológico con sesgo hacia las habilidades, nuestro

8 Boucekkine et al. (2006a) suponen homogeneidad en el trabajo y ausencia de capital en el sector de adopción tecnológica.

9 Traducido del inglés por los autores.

10 Nos referimos, obviamente, a estudios de carácter empírico.

11 Se refiere a aquella inversión que contribuye a la acumulación de capital con progreso tecnológico incorporado.



modelo predice escenarios en los cuales, el PTICF podría hacer compatible la sofisticación de la capacidad productiva de la economía con menos desigualdad de ingresos en el largo plazo. El mecanismo endógeno clave que daría lugar a estos escenarios es la movilidad intersectorial (adopción-producción) del capital. Se argumentará más adelante que, para que dicho mecanismo contribuya a lograr tal compatibilidad se requiere un conocimiento profundo de los parámetros estructurales, que determinan las funciones de producción que operan en la economía, particularmente aquella que gobierna el proceso de adopción tecnológica.

Segundo, nuestro modelo también predice que la eficacia (*a priori* esperada) de la política institucional de aumentar la oferta relativa de trabajadores calificados, para reducir la desigualdad de ingresos de largo plazo, estaría también condicionada: por una parte, tal eficacia dependerá estructuralmente del valor del ratio entre las intensidades del trabajo calificado y el no calificado de cada sector y, por otra, del efecto (endógeno) de la política sobre la reasignación sectorial del capital.

Este hallazgo es interesante porque, de cumplirse la ineficacia de la política mencionada, los mecanismos subyacentes a dicho hallazgo podrían ser vistos como argumentos teóricos distintos (e indirectos) en favor del mencionado “cambio tecnológico con sesgo hacia las habilidades”¹², según el cual dichos cambios hacen que la demanda por trabajo calificado supere la oferta del mismo, fenómeno que explicaría los aumentos en la desigualdad de ingresos observados en algunos países —tanto desarrollados como no desarrollados— en los cuales ha aumentado significativamente la oferta relativa de trabajo calificado durante las últimas décadas¹³. Al respecto, nos gustaría destacar en este punto el trabajo de Gallego (2012) el cual, basado en evidencia macroeconómica de series de tiempo y microeconómica sectorial para Chile entre los años 1960 y 2000, encuentra cierta evidencia de este fenómeno para el período 1980-1990. Sin embargo, ya que el modelo propuesto por el autor no incorpora explícitamente PTICF, la interpretación mencionada de nuestro resultado descansa en el espacio de la plausibilidad.

Tercero, simulaciones numéricas dan como resultado una relación monotónica entre el nivel de eficiencia en la adopción y la desigualdad de ingresos: mientras más alto es dicho nivel, más alta es la desigualdad. En pocas palabras, nos gustaría cristalizar el aporte de nuestro trabajo en el siguiente mensaje: la forma en la cual los países del Sur llevan a cabo sus procesos de adopción tecnológica y cómo estos procesos interactúan con el sector de bienes finales importa para mejorar los aspectos distributivos del crecimiento económico cuando dichos países están involucrados en sofisticar la capacidad productiva de sus economías a través del PTICF.

El resto del artículo está organizado de la siguiente manera. La sección II presenta el modelo. La sección III muestra la solución del estado estacionario y sus propiedades. La sección IV muestra una ilustración numérica, y la sección V comenta y concluye.

12 Los trabajos en inglés han acuñado la expresión *skill-biased technological change*.

13 En la sección 3.3, Hornstein et al. (2005), basados en modelos previos de Kiley (1999) y Acemoglu (1998, 2002, 2003), ofrecen un modelo en el cual, dependiendo de la relación completamente exógena entre la elasticidad de sustitución entre el trabajo calificado y no calificado y la elasticidad de sustitución entre el nivel de habilidades de cada tipo de trabajo, un aumento de la oferta relativa de trabajo calificado puede terminar en más desigualdad.

II. EL MODELO

Nuestra economía consta de los siguientes tres sectores:

$$Y_t = A_t (\mu_{k,t} K_t)^\alpha L_{y,t}^\theta H_{y,t}^\psi \quad (1)$$

$$K_t = q_t I_t + (1 - \delta) K_{t-1} \quad (2)$$

$$q_t = (1 - \delta_{q,t}) \cdot q_{t-1} + d_t [(1 - \mu_{k,t}) K_t]^\alpha L_{q,t}^\beta H_{q,t}^\gamma (q_t^o - q_t) \quad (3)$$

La ecuación (1) provee la función de producción en el sector de los bienes finales para cualquier tiempo t . Dicho bien puede ser utilizado para adquirir, ya sea, bienes de consumo C_t , o bienes de inversión I_t . La tecnología sigue una función de tipo Cobb-Douglas para el capital eficiente y el trabajo. Capital eficiente quiere decir que dicho capital tiene incorporado el más alto nivel tecnológico disponible en la economía. Se requiere una fracción $\mu_{k,t}$ del capital total (K_t) en este sector. Suponemos la existencia de capacidades heterogéneas que influyen en la productividad marginal de cada trabajador. Por lo tanto, se requieren $L_{y,t}$ unidades de mano de obra no calificada y $H_{y,t}$ unidades de mano de obra calificada. La oferta de trabajo se supone inelástica. Siguiendo la convención habitual, se asumen rendimientos constantes de escala en esta tecnología, lo que significa que las respectivas "elasticidades" en la producción satisfacen la ecuación $\alpha + \theta + \psi = 1$. Los parámetros α , θ y ψ representan la elasticidad del producto con respecto al capital físico, la mano de obra no calificada y la mano de obra calificada, respectivamente. Además, se supone que en este sector el progreso tecnológico A_t no está incorporado, es decir, es independiente del ritmo de acumulación de capital.

La ecuación (2) provee la ley de movimiento del capital o la función de producción en el sector de bienes intermedios, la cual tiene exactamente la misma estructura que la ecuación propuesta por Boucekkine et al. (2006a). q_t representa el nivel actual de la tecnología local utilizada en la producción de dichos bienes, el cual se determina de manera endógena. Por lo tanto, los cambios en q capturan la inversión-específica en bienes de capital eficientes que dan lugar al progreso tecnológico de la economía local. Como es habitual, la acumulación de capital también se ve afectada por la tasa de depreciación $0 < \delta_t < 1$. Como es usual en este tipo de modelos, la tasa de crecimiento de q es igual a la tasa de disminución del precio relativo del capital. Más concretamente, dicho precio (instantáneo) es igual a $1/q_t$, es decir, en escenarios en los que q es una función creciente en el tiempo, los bienes de capital se vuelven más baratos con respecto a los bienes de consumo, lo que, a su vez, hace disminuir la tasa de crecimiento del consumo. Este efecto ha sido llamado *efecto obsolescencia* por Boucekkine et al. (2003).

La ecuación (3) provee la función de producción utilizada en la adopción (o imitación) de tecnología, la cual determina el nivel de tecnología disponible q_t en la economía en cada instante t . Ella es también una función de tipo Cobb-Douglas entre el capital y el trabajo. Dicha función requiere como insumos una fracción $\mu_{k,t}$ del capital total, $L_{q,t}$ unidades de obra no calificada y $H_{q,t}$ unidades de mano de obra calificada. Al igual que en Fuentes et al. (2014b), se supone la presencia de ciertas ineficiencias en el proceso de adopción, las cuales son capturadas por medio del parámetro exógeno $0 < \delta_{q,t} < 1$.

Como se mencionó, las fuentes de tales ineficiencias pueden ser variadas: la falta de capacidades, la fuga de mano de obra calificada, el abandono del capital físico creado, la pérdida (olvido)



de conocimientos adquiridos durante el proceso de adopción, las incompetencias técnicas por falta de entrenamiento, entre otras. La introducción de este parámetro implica que q_t es una combinación cuasi-convexa de q_{t-1} y q^o ¹⁴. Se asumen retornos constantes de escala en esta tecnología. Por lo tanto, la condición $a + b + c = 1$ es válida para las respectivas intensidades de los factores presentes en la función de producción. Siguiendo la literatura, también se introduce la variable $d_t > 0$ en nuestro modelo. Dicha variable captura cualquier *shock* potencial sobre lo que denominaremos, por simplicidad, la "productividad total de los factores del sector adoptivo". Como ejemplos, dicho *shock* puede representar una mejora en la productividad del trabajo o una reforma de la política comercial de apertura de la economía que facilita la transferencia de tecnología. Suponemos que esta variable sigue un camino totalmente exógeno sin una tendencia específica. La variable q_t^o representa la tecnología de punta existente y desarrollada en los países avanzados (el Norte), la cual es completamente exógena en nuestro modelo. En resumen, la ecuación (3) describe el proceso de convergencia tecnológica del Sur, y por lo tanto representa una reformulación (algo más complicada) del mecanismo descrito por Nelson y Phelps (1966).

Por otra parte, se supone que hay perfecta movilidad intersectorial tanto del capital como del trabajo. Ya que nuestro punto de focalización está puesto sobre las economías en desarrollo, asumimos que el conjunto de recursos laborales calificados y no calificados es limitado. Más precisamente, se supone que la oferta de cada tipo de trabajo está condicionada por las siguientes restricciones:

$$L_{q,t} + L_{y,t} = L_t \quad (4)$$

$$H_{q,t} + H_{y,t} = H_t \quad (5)$$

donde las cantidades totales de trabajo no calificado, L , y calificado, H , se determinan de forma exógena. Finalmente, la ecuación usual de cierre es la siguiente:

$$Y_t = C_t + I_t \quad (6)$$

Estudiaremos ahora el problema del planificador central correspondiente a esta economía.

1. El problema del planificador central

Se asume que todos los agentes tienen las mismas preferencias por el único bien de consumo que se produce en la economía. En consecuencia, resolveremos un problema habitual de crecimiento óptimo como el que sigue a continuación:

$$\max_{\{K_t, q_t, L_{q,t}, L_{y,t}, H_{q,t}, H_{y,t}, C_t, I_t, \mu_{k,t}\}} \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U(C_t) \quad (P1)$$

14 Definiendo $\varepsilon = 1 / \left[1 + d_t \left[(1 - \mu_{k,t}) K_t \right]^a L_{q,t}^b H_{q,t}^c \right]$, la ecuación (3) puede ser reescrita como sigue:
 $q_t = \varepsilon (1 - \delta_{q,t}) q_{t-1} + (1 - \varepsilon) q_t^o$

Esta maximización está sujeta a las restricciones (1) a (6), dados K_{t-1} y q_{t-1} y las limitaciones positivas correspondientes (particularmente $0 < \mu_{k,t} < 1$). Como es usual, $U(\cdot)$ es una función de utilidad y $0 < \beta < 1$ es el factor convencional de descuento temporal. Para este caso, el conjunto $\{\lambda_{q,t}, \lambda_{y,t}, \lambda_{k,t}, \omega_L, \omega_H\}$ representa los multiplicadores asociados a las respectivas restricciones del problema de maximización¹⁵. Como es habitual, usaremos de aquí en adelante los precios sombra de la mano de obra no calificada $w_{L,t}$ y calificada $w_{H,t}$ para medir la desigualdad salarial. Las condiciones de primer orden correspondientes a esta maximización se pueden caracterizar de la siguiente manera después de un tedioso pero sencillo trabajo algebraico¹⁶:

$$U'(C_t) = \lambda_{y,t} \tag{7}$$

$$\lambda_{k,t} = \frac{\lambda_{y,t}}{q_t} = \frac{U'(C_t)}{q_t} \tag{8}$$

$$\omega_{L,t} = \lambda_{q,t} d_t [(1 - \mu_{k,t}) K_t]^\beta L_{q,t}^{b-1} H_{q,t}^c (q_t^o - q_t) = \lambda_{q,t} \frac{b(q_t - (1 - \delta_{q,t}) q_{t-1})}{L_{q,t}} \tag{9}$$

$$\omega_{L,t} = \lambda_{y,t} \theta A_t [\mu_{k,t} K_t]^\alpha L_{y,t}^{\theta-1} H_{y,t}^\psi \tag{10}$$

$$\omega_{H,t} = \lambda_{q,t} d_t [(1 - \mu_{k,t}) K_t]^\beta L_{q,t}^b c H_{q,t}^{c-1} (q_t^o - q_t) = \lambda_{q,t} \frac{c(q_t - (1 - \delta_{q,t}) q_{t-1})}{H_{q,t}} \tag{11}$$

$$\omega_{H,t} = \lambda_{y,t} \psi A_t [\mu_{k,t} K_t]^\alpha L_{y,t}^{\theta} H_{y,t}^{\psi-1} \tag{12}$$

$$-\lambda_{q,t} d_t a [(1 - \mu_{k,t}) K_t]^{a-1} K_t L_{q,t}^b H_{q,t}^c (q_t^o - q_t) + \lambda_{y,t} \alpha A_t [\mu_{k,t} K_t]^{\alpha-1} K_t L_{y,t}^\theta H_{y,t}^\psi = 0 \tag{13}$$

$$\lambda_{q,t} d_t a [(1 - \mu_{k,t}) K_t]^{a-1} (1 - \mu_{k,t}) L_{q,t}^b H_{q,t}^c (q_t^o - q_t) - \lambda_{k,t} + \lambda_{y,t} \alpha A_t [\mu_{k,t} K_t]^{\alpha-1} \mu_{k,t} L_{y,t}^\theta H_{y,t}^\psi + \beta (1 - \delta) \lambda_{k,t+1} = 0 \tag{14}$$

$$-\lambda_{q,t} \left\{ 1 + d_t [(1 - \mu_{k,t}) K_t]^a L_{q,t}^b H_{q,t}^c \right\} + \lambda_{k,t} l_t + \beta \cdot \lambda_{q,t+1} (1 - \delta_{q,t+1}) = 0 \tag{15}$$

Las ecuaciones (7) y (8) proveen las condiciones óptimas para el consumo y la inversión. Las ecuaciones (9) a (12) proveen las condiciones óptimas para $L_{q,t}$, $L_{y,t}$, $H_{q,t}$ y $H_{y,t}$ respectivamente. El supuesto de perfecta movilidad laboral entre sectores implica, por una parte, que la ecuación (9) es igual a la ecuación (10); por otra, que la ecuación (11) es igual a la ecuación (12).

15 Véase el apéndice.

16 Una prueba detallada de estas ecuaciones se puede obtener mediante solicitud.



De esto, es fácil comprobar que la ecuación que determina entonces la asignación sectorial de equilibrio entre los trabajadores más y menos educados es la siguiente:

$$\frac{\theta \cdot L_{q,t}}{b \cdot L_{y,t}} = \frac{\psi \cdot H_{q,t}}{c \cdot H_{y,t}} \quad (16)$$

Dividiendo ahora la ecuación (12) por la ecuación (10), el nivel de desigualdad de ingreso en nuestra economía viene dado por:

$$\Delta\omega_t = \frac{\omega_{H,t}}{\omega_{L,t}} = \frac{\psi L_{y,t}}{\theta H_{y,t}} \quad (17)$$

A partir de esta ecuación, notamos que la desigualdad de ingreso surge aquí como un resultado operacional de la maximización del bienestar social (vía consumo). Además, el lado derecho de esta ecuación captura (o anticipa) implícitamente el hecho de que los valores de los dos factores determinantes de dicha desigualdad en cada instante t , $L_{y,t}$ y $H_{y,t}$, están estrechamente relacionados con las decisiones sobre el tipo de bienes que la economía decide producir: bienes finales o intermedios. En otras palabras, como ha postulado Jovanovic (1998), las decisiones de inversión-específica pueden llegar a ser importantes generadores de desigualdad. En nuestro caso, si dichas decisiones involucran una mayor demanda relativa por mano de obra calificada en el sector tecnológico, con la consecuente mayor disminución relativa de dicha mano de obra en el sector de bienes finales, la desigualdad podría aumentar. Por otra parte, la ecuación (13), que describe la condición óptima para $\mu_{k,t}$, puede reformularse de una manera más simple. De hecho, introduciendo la ecuación (7) en la ecuación (10) e igualando la ecuación resultante con el lado derecho de la ecuación (9), el multiplicador $\lambda_{q,t}$ (precio sombra de q_t) se lee como sigue:

$$\lambda_{q,t} = U'(C_t) \frac{\theta L_{q,t}}{b L_{y,t}} \frac{A_t [\mu_{k,t} K_t]^\alpha L_{y,t}^\theta H_{y,t}^\psi}{d_t [(1-\mu_{k,t}) K_t]^\beta L_{q,t}^b H_{q,t}^c (q_t^o - q_t)} \quad (18)$$

Introduciendo ahora las ecuaciones (7) y (18) en la ecuación (13), la condición de equilibrio que determina la distribución de recursos se puede escribir de la siguiente manera¹⁷:

$$\frac{\mu_{k,t}}{1-\mu_{k,t}} = \frac{b\alpha L_{y,t}}{\theta a L_{q,t}} \quad (13')$$

La ecuación (14) proporciona la condición óptima para K_t . Introduciendo las ecuaciones (1), (7), (8) y (18) en dicha ecuación, esta condición se puede formular de una manera más apropiada como sigue:

$$\begin{aligned} \frac{U'(C_{t+1})}{U'(C_t)} &= \frac{1}{\beta(1-\delta)} \frac{q_{t+1}}{q_t} \left[1 - q_t \alpha \frac{Y_t}{K_t} - a \frac{\theta}{b} q_t \frac{L_{q,t} Y_t}{L_{y,t} K_t} \right] \\ &= \frac{1}{\beta(1-\delta)} \frac{q_{t+1}}{q_t} [1 - q_t PMK_t (1 + \eta_t)] \end{aligned} \quad (14')$$

17 Nótese que, como es habitual, tal distribución depende exclusivamente de las respectivas intensidades de los factores productivos.

donde $PMK_t = \alpha Y_t / K_t$ es el producto marginal del capital, y $\eta_t = (\partial \theta / \alpha b) / (L_{q,t} / L_{y,t}) = \frac{(1 - \mu_{k,t})}{\mu_{k,t}} > 0$, $\forall t$.

Con la excepción del factor η , esta ecuación es similar a otras ecuaciones descritas en la literatura, particularmente en Boucekkine et al. (2006a). Sin embargo, dejamos claro que dicho factor surge como consecuencia de introducir capital físico y heterogeneidad en el trabajo dentro del sector de adopción propuesto por dichos autores. Dos efectos (o fuerzas) determinan entonces las trayectorias del consumo y del ahorro a través del tiempo. Definiendo $PMKE_t = q_t PMK_t$ como el producto marginal *eficiente* del capital, es decir, aquel capital que incorpora el progreso tecnológico logrado en el proceso de adopción, vemos, por un lado, que mayores incentivos al ahorro provenientes de aumentos en este tipo de productividad (*la eficiente*) contribuyen a generar mayores tasas de crecimiento del consumo¹⁸. De aquí en adelante, denominaremos a esta fuerza como el *efecto del producto marginal eficiente del capital*. En contraste con los hallazgos de la literatura existente, observamos que este efecto es intensificado en nuestro modelo por el factor $\eta > 0$, lo que significa que el patrón consumo-ahorro también se ve afectado por la asignación sectorial del capital. Ya que $\eta > 0$, dicho factor contribuye a intensificar dicho efecto y, por ende, ayuda a incrementar la tasa de crecimiento del consumo. La otra fuerza presente en nuestro modelo es el *efecto obsolescencia* ya mencionado. Dicho efecto predice que los cambios en el progreso tecnológico incorporado al capital (valores cada vez más altos de q) reducen progresivamente el precio relativo de los bienes de capital ($1/q$). Esto provoca una disminución de la tasa de crecimiento del consumo, lo cual implica un incremento del bienestar social actual.

A priori, la presencia de η en nuestro modelo favorecería el predominio del primer efecto sobre el segundo, lo que debería llevar a los individuos a priorizar el consumo futuro por sobre el consumo presente. Dicho de otro modo, cuando el capital puede moverse libremente a través de los dos sectores productivos de la economía (lo cual se ve reflejado en la definición de η), la maximización del bienestar vía consumo generaría un sesgo hacia la acumulación de capital eficiente, es decir, hacia la producción de bienes (finales) de inversión I con el más alto nivel tecnológico q alcanzable en la economía. Ya que los recursos laborales (particularmente los recursos laborales calificados) son escasos, esta condición pone entonces al planificador en una compleja disyuntiva a la hora de distribuir sectorialmente dichos recursos¹⁹. Los efectos que tiene la solución de esta disyuntiva sobre la desigualdad de ingresos es justamente el principal objetivo de este trabajo. Finalmente, la ecuación (15) representa la condición óptima para q_t . Introduciendo en ella las ecuaciones (2) y (8), dicha ecuación puede reformularse de la siguiente manera:

$$\frac{U'(C_t)}{q_t} \frac{K_t - (1 - \delta)K_{t-1}}{q_t} = \lambda_{q,t} \left(1 + d_t [(1 - \mu_{k,t}) K_t]^a L_{q,t}^b H_{q,t}^c \right) - \beta (1 - \delta_{q,t+1}) \lambda_{q,t+1} \quad (15')$$

18 En otras palabras, se prefiere el consumo futuro por sobre el consumo presente. Obviamente, este patrón de preferencias requiere que $PMKE_t (1 + \eta_t) < 0$.

19 A priori, uno podría decir que, producto del sesgo mencionado, el costo de la maximización del bienestar social a través del consumo sería el retardo del cierre de la brecha tecnológica con el Norte. Esto debido a que, necesariamente, los recursos disponibles en la economía deberían ser asignados mayoritariamente hacia el sector de bienes finales.



Recordando que $\lambda_{q,t}$ es el precio sombra de q_t , esta ecuación representa la igualdad entre el ingreso marginal (lado izquierdo) y el valor presente del coste marginal (a la derecha), en términos de bienestar, de un incremento marginal de q_t . El término intertemporal $\delta_{q,t+1}$ proviene de la especificación hecha en el sector adoptivo. En la siguiente sección investigaremos las soluciones del estado estacionario.

III. EL ESTADO ESTACIONARIO

De aquí en adelante, consideraremos una función de utilidad logarítmica. Las ecuaciones (1) a (6), (13'), (14'), (15') y (16) definen el siguiente sistema que describe la situación de largo plazo de la economía²⁰:

$$Y = A[\mu_k K]^\alpha L_y^\theta H_y^\psi \quad (19)$$

$$\delta K = qI \quad (20)$$

$$\delta_q q = d[(1-\mu_k)K]^a L_q^b H_q^c (q^o - q) \quad (21)$$

$$L_y + L_q = L \quad (22)$$

$$H_y + H_q = H \quad (23)$$

$$Y = C + I \quad (24)$$

$$\frac{\mu_k}{1-\mu_k} = \frac{b\alpha L_y}{\theta a L_q} \quad (25)$$

$$\frac{\theta L_q}{b L_y} = \frac{\psi H_q}{c H_y} \quad (26)$$

$$1 - \beta(1-\delta) = \frac{qY}{K} \left(\alpha + \frac{a\theta L_q}{b L_y} \right) \quad (27)$$

$$\delta_q \frac{b}{a} \delta = \frac{qY L_q}{K L_y} \left[1 + d[(1-\mu_k)K]^a L_q^b H_q^c - \beta(1-\delta_q) \right] \quad (28)$$

El sistema anterior contiene 10 ecuaciones para las 10 incógnitas $\{L_q, L_y, H_q, H_y, K, I, C, Y, q, \mu\}$. Dos características son importante de resaltar de este sistema: es altamente no lineal (véase, por ejemplo, la ecuación (28)) y es no recursivo, por lo que es imposible reducir significativamente su dimensión. Sin embargo, definiendo

$$z_1 = \frac{\theta a}{b\alpha} \text{ y } z_2 = \frac{\psi a}{c\alpha}$$

20 Omitimos el símbolo barra típicamente utilizado en la parte superior de las variables endógenas para designar sus respectivos niveles de largo plazo con el propósito de simplificar la presentación de las ecuaciones.

la combinación de las ecuaciones (17), (25) y (26) da lugar a la siguiente expresión para el nivel de largo plazo de la desigualdad de ingresos:

$$\Delta w = \frac{c}{b} \frac{L}{H} \left[\frac{(1-\mu_k) + z_2 \mu_k}{(1-\mu_k) + z_1 \mu_k} \right] \quad (29)$$

Esta última ecuación es muy importante porque pone de relieve que, en una economía inmersa en un proceso de sofisticación de su capacidad productiva a través del PTICF, la desigualdad de ingresos de largo plazo viene determinada por tres factores (o mecanismos) diferentes y visibles. En primer lugar, se observa que ciertos parámetros tecnológicos, tales como las elasticidades de los factores productivos, importan. Este no es un concepto nuevo en la literatura. De hecho, Bertola (1993) y García-Peñalosa y Turnovsky (2005) identifican esta dependencia en condiciones en las cuales dicho progreso no está incorporado al capital. Sin embargo, la naturaleza de esta relación es muy diferente en nuestro modelo. Mientras que estos autores encontraron que la participación del trabajo en la producción (de bienes finales) es un factor importante que determina la desigualdad de ingresos de largo plazo, nosotros encontramos que esta variable está fuertemente influida por el ratio entre las respectivas intensidades de los trabajadores calificados y no calificados que laboran en el sector tecnológico (o intermedio), c/b . Una importante pregunta surge a partir de este hallazgo: ¿se podría implementar un cambio en la estructura de la economía orientado a influir en la distribución del ingreso a través de una modificación de este ratio?

Intuitivamente, sabemos que la respuesta a esta pregunta es *no*, al menos en el estado actual del conocimiento. De hecho, es bien sabido que las elasticidades (como las preferencias) son muy difíciles de modificar por medio de políticas públicas o decisiones privadas específicas tomadas al interior de las empresas. Por otra parte, los trabajos teóricos y empíricos relacionados con la evolución de la participación de los factores productivos en el tiempo y su impacto en el funcionamiento de la economía se han centrado en el sector que produce bienes finales²¹. Por lo tanto, falta aún tener un mayor conocimiento sobre esta materia en el campo de la adopción tecnológica. Además, incluso en el caso de un escenario ideal en el que esta relación pudiera ser manipulada por medio de políticas, queda claro que una adopción eficiente requeriría de una mayor intensificación de la mano de obra calificada c que de la no calificada b . Por lo tanto, el ratio aludido será mayor que 1.

En consecuencia, hemos identificado una primera fuente "técnica" que actúa como un multiplicador de la desigualdad de ingresos en el largo plazo. El segundo factor que determina dicha desigualdad es la relación L/H (la cual es totalmente exógena en nuestro modelo). En países en vías de desarrollo, la cantidad de horas-hombre calificadas es muy reducida comparada con la cantidad de horas-hombre no calificadas. En términos generales, este factor refleja implícitamente entonces el argumento, según el cual, los avances tecnológicos serían la causa motriz del aumento de la desigualdad salarial en todo el mundo, ya que estos cambios exigen conocimientos especializados, lo que se traduce en un cambio rápido en la demanda de mano de obra calificada en relación con la mano de obra no calificada.

21 Guerreiro (2012) y Schneider (2011) analizan la participación del trabajo en la función de producción. Para la participación del capital, véase Jones (2003) y Ortega y Rodríguez (2006).



En palabras simples, la historia acerca del aumento de la desigualdad de ingresos no sería, principalmente, una historia relacionada con la política económica en sí, sino más bien un tema de oferta y demanda²². Bajo condiciones de *ceteris paribus*, nuestro modelo sugiere que sería óptimo aumentar el número de personas educadas en relación con las no educadas para hacer que la desigualdad disminuyera. A primera vista, esta primera reacción (el “efecto oferta”) podría parecer demasiado simple. Sin embargo, desde un punto de vista desarrollista, la sofisticación de la capacidad productiva de la economía podría requerir de un aumento tanto del número como de la calidad de personas capaces de gestionar una economía más sofisticada. Esta condición pone presión no solo sobre el frente educacional, sino sobre toda la esfera institucional del país, ya que se espera que dicha esfera contribuya fuerte y decididamente a la provisión de un entorno económico donde la mayoría de las personas puedan contar no solo con oportunidades de lograr niveles más altos de educación, sino también con plazas laborales donde ejercer las habilidades y capacidades recibidas.

El tercer factor que determina la desigualdad de ingresos de largo plazo es endógeno y tiene relación con la distribución sectorial ponderada del capital, a saber,

$$f(\mu_k) = \frac{(1-\mu_k) + z_2\mu_k}{(1-\mu_k) + z_1\mu_k} > 0$$

donde los factores de ponderación dependen de las elasticidades de la mano de obra tanto en la producción como en la adopción. Específicamente, este factor sugiere que cuando $z_2 < z_1$, $f(\mu_k) < 1$. Entonces, este factor actúa como un reductor de la desigualdad en los ingresos de largo plazo. Por el contrario, cuando $z_2 > z_1$, $f(\mu_k) > 1$; entonces, dicho factor actúa como un amplificador de la desigualdad. Por lo tanto, vemos que la distribución de las intensidades del trabajo en la producción, en relación con las intensidades del trabajo en la adopción, también afecta la desigualdad de ingresos de largo plazo²³. Pese a la escasa eficacia atribuible a la política económica a la hora de intentar modificar estos parámetros estructurales, es posible ofrecer la siguiente proposición para el caso particular en que $z_1 = z_2$:

Proposición 1 Definiendo $x = \frac{L}{H}$ y, si $\frac{\psi}{\theta} = \frac{c}{b}$,

$$i) \Delta w = \frac{c}{b}x,$$

$$ii) \frac{\partial \Delta \omega}{\partial \xi} = \frac{c}{b} > 0,$$

$$iii) \frac{\partial \Delta \omega}{\partial L} = \frac{x}{H} > 0,$$

$$iv) \frac{\partial \Delta \omega}{\partial H} = -\frac{xL}{H^2} < 0,$$

Prueba: Dado que $\psi/\theta = c/b$ implica que $z_1 = z_2$, la ecuación (29) muestra que $\Delta w = (c/b)x$. Por lo tanto, i) a iv) se derivan directa y fácilmente a partir de este resultado. † Q.E.D.

22 Ver, por ejemplo, Mankiw (2013).

23 Dada las definiciones de z_1 y z_2 , es claro que $\psi/\theta < c/b$ cuando $z_2 < z_1$ y $\psi/\theta > c/b$ cuando $z_2 > z_1$.

En primer lugar, nos gustaría destacar que la condición $z_1 = z_2$ no quiere decir que las tecnologías de producción y de adopción sean iguales. De hecho, la fracción de capital por sector permanece inalterada (y diferente) bajo esta condición. Solo la distribución de la participación del trabajo calificado versus el no calificado es igual en ambos sectores. En tal situación, la desigualdad de ingresos a largo plazo se vuelve totalmente exógena y dependiente principalmente del ratio L/H . En otras palabras, el progreso tecnológico incorporado juega un rol muy minoritario en la determinación del nivel de largo plazo de la desigualdad. Como era previsible, se observa que dicha desigualdad puede reducirse solo al aumentar el nivel (oferta) relativo (a) de las personas educadas, H (ítem *iv*).

Por otra parte, el último factor que influye en la desigualdad de ingresos a largo plazo y que está también relacionado con $f(\mu_k)$ es el propio μ_k , es decir, la fracción de capital en el sector de los bienes finales. Debido a su carácter endógeno, no tiene sentido realizar un análisis de estática comparativa respecto de esta variable. Sin embargo, se podría saber cómo y en qué medida la desigualdad de ingresos a largo plazo puede verse afectada por un *shock* exógeno que afecte la asignación sectorial del capital. Para partir, supongamos que la economía se enfrenta a un *shock* exógeno en la variable arbitraria “ y ” la cual es diferente de L y H ²⁴. De acuerdo con la ecuación (29), y bajo condiciones de *ceteris paribus*,

$$\frac{\partial \Delta w}{\partial y} = \underbrace{\frac{c L a}{b H \alpha [(1 - \mu_k) + z_1 \mu_k]^2}}_{\kappa_2 > 0} \underbrace{\left[\frac{\psi}{c} - \frac{\theta}{b} \right]}_{\kappa_3} \frac{\partial \mu_k}{\partial y} = \kappa_2 \kappa_3 \frac{\partial \mu_k}{\partial y} \quad (30)$$

La ecuación (30) muestra que la distribución sectorial de las intensidades del trabajo también es importante en la determinación del *cambio* en el nivel de desigualdad de largo plazo. En particular, si $\psi/\theta > c/b$, esta condición actúa como un amplificador de desigualdad una vez que el *shock* ocurre. Por el contrario, si $\psi/\theta < c/b$, dicha condición actúa como un reductor de la misma. Por otra parte, la ecuación (30) también muestra que, una vez producido el *shock* el mecanismo endógeno clave responsable de la generación de los cambios en el nivel de largo plazo de la desigualdad se relaciona con la reasignación sectorial del *stock* de capital. Creemos que este hallazgo puede tener importantes implicaciones para la política económica. Si por alguna razón una sociedad prioriza el sector final (intermedio) aumentando (disminuyendo) el nivel de largo plazo del capital $\partial \mu_k / \partial y > 0$ [$\partial \mu_k / \partial y < 0$], el impacto de dicha política sobre la desigualdad dependerá de cómo los parámetros tecnológicos estructurales (ψ , θ , c , b) hayan sido “fijados” en la economía. Desde una óptica puramente teórica, la predicción de Jovanovic (1998) —la cual dice que cuando las decisiones de inversión asumen que el progreso tecnológico está incorporado al capital físico, la desigualdad de ingresos durará indefinidamente—, tendría una validez más bien condicional según nuestro modelo. Por ejemplo, si $\psi/\theta > c/b$ y $\partial \mu_k / \partial y > 0$, el nivel de desigualdad crecerá. Por el contrario, si $\psi/\theta < c/b$ y $\partial \mu_k / \partial y < 0$, dicho nivel disminuirá²⁵.

24 Hemos eliminado la posibilidad de que la economía se enfrente a un aumento del número de personas no calificadas por tratarse de un *shock* no deseable desde una óptica desarrollista. La variable “ y ” puede representar entonces un *shock* independiente sobre las variables tecnológicas q° y A o sobre la variable institucional d .

25 A partir de este ejemplo, otros regímenes (combinaciones) posibles pueden encontrarse fácilmente.



Supongamos ahora que la economía se enfrenta a un *shock* sobre la variable H . Siguiendo el mismo procedimiento anterior, se obtiene que:

$$\frac{\partial \Delta w}{\partial H} = \underbrace{-\frac{c}{b} \frac{L}{H^2} \left[\frac{(1-\mu_k) + z_2 \mu_k}{(1-\mu_k) + z_1 \mu_k} \right]}_{<0} + \underbrace{\frac{c}{b} \frac{L}{H} \frac{a}{\alpha} \frac{1}{[(1-\mu_k) + z_1 \mu_k]^2}}_{>0} \underbrace{\left[\frac{\psi}{c} - \frac{\theta}{b} \right]}_{\text{ambiguo}} \frac{\partial \mu_k}{\partial H} \quad (31)$$

La ecuación (31) es importante porque ella pone en duda el argumento convencional según el cual una mayor oferta de personas educadas en relación con las personas no educadas debería reducir la desigualdad de ingresos. En similitud con el caso anterior, la ecuación (31) predice que dicha política tendría también una efectividad *condicionada* en el cumplimiento de este objetivo. De hecho, esto dependerá, en particular, de cómo la economía gestione el segundo término del lado derecho de la ecuación (31). Por ejemplo, si $\partial \mu_k / \partial H > 0$ y $\psi / \theta < c / b$, una mayor oferta de personas capacitadas contribuirá a reducir el nivel de desigualdad de largo plazo. Por el contrario, si $\partial \mu_k / \partial H > 0$ y $\psi / \theta > c / b$, un aumento de H contribuirá a aumentar dicho nivel.

En resumen, nuestro modelo sugiere que la sofisticación de la capacidad productiva de una economía comprometida con acortar la brecha tecnológica por medio del progreso tecnológico incorporado al capital podría, en principio, contribuir a reducir la desigualdad de largo plazo. Sin embargo, una seria implementación de una estrategia de este tipo requeriría un conocimiento profundo de las tecnologías de producción (de bienes finales) y adopción (tecnológica) presentes en la economía.

Proposición 2 Si $0 < \delta < [1 - \beta(1 - \delta)] / \theta$, existe un único estado estacionario para nuestra economía. Una prueba detallada de esta proposición se ofrece en el apéndice.

IV. ILUSTRACIÓN NUMÉRICA

Con el propósito de extraer información cuantitativa del efecto del progreso tecnológico incorporado sobre la desigualdad de ingresos, ofrecemos en esta sección un ejercicio numérico conducido sobre el modelo descrito más arriba. Para este fin, calibramos la economía para datos de Chile entre el período 1960-2009²⁶. El procedimiento para elegir los parámetros incluidos en nuestro modelo es como sigue. Primero, seleccionamos un primer conjunto de valores sobre la base de información a priori, es decir, valores que consideramos razonables dada la literatura disponible. La elasticidad del capital en la producción (α) se fija entonces en 0,50²⁷. Teniendo en cuenta esta elección, un segundo conjunto de parámetros fue fijado considerando algunos momentos propios del estado estacionario. Ya que la elección de (α) implica que $\theta + \psi = 0,5$, la elasticidad del trabajo calificado en la producción ψ fue fijada en 0,265 para que la productividad marginal del capital fuese de

26 Nos hemos visto obligados a recurrir a fuentes que usaron distintos períodos de tiempo en sus respectivos análisis debido a la escasez de trabajos cuantitativos sobre la economía chilena relacionados con el nuestro.

27 Desafortunadamente, la literatura relacionada no ofrece un valor consensuado para este parámetro (incluso para períodos similares de tiempo): De Gregorio (2005) fija este valor en 0,4; Restrepo y Soto (2004) en 0,47; Fuentes et al. (2005) en 0,50, y Barro y Sala-i-Martin (2004), en 0,52.

18%, valor promedio sugerido por Restrepo y Soto (2004) para el período 1986-2002²⁸. La tasa de depreciación del capital fue fijada en 10% y el factor de descuento temporal en 0,90 para que el consumo represente aproximadamente tres cuartos del producto (PIB) y el ratio capital/producto sea igual a 2,7²⁹. Para un valor dado (y normalizado a 1) de H , el valor de L es fijado en 4 para que la proporción de mano de obra calificada represente aproximadamente un cuarto de la fuerza laboral total³⁰. En consonancia con la ecuación (29), las elasticidades del trabajo calificado y no calificado en la adopción fueron fijadas en 0,72 y 0,08 respectivamente, para que el nivel de desigualdad de ingresos (medido a través del cociente entre los respectivos salarios) tenga un valor cercano a 5³¹. Finalmente, el resto de los parámetros (que son difíciles de calibrar por la falta de datos sectoriales comparados entre la producción de bienes finales y la adopción tecnológica), son elegidos arbitrariamente bajo los siguientes criterios: la variable institucional d (que puede ser vista como la productividad total de los factores en el sector de adopción) y la PTF se establecen en una relación de 1:2; eligiendo d igual 0,75, A se fija entonces en 1,5. A partir del valor establecido para la PTF, el nivel de la tecnología de vanguardia en el sector de bienes intermedios desarrollada en el Norte (q°) se fija en 4,6 para que la PTF represente un valor cercano al 34% de $q^{\circ 32}$. Por último, la tasa de ineficiencia en la adopción se fija en 10%. El cuadro 1 ofrece un lista con los valores mencionados.

Para destacar la importancia de la ineficiencia en la adopción sobre la desigualdad de ingresos, consideramos otra calibración con un valor diferente para δ_q . Concretamente, consideramos el caso donde dicho valor es tres veces el valor de referencia. Los resultados de las dos parametrizaciones se muestran en el cuadro 2.

Se pueden extraer varias lecciones a partir del cuadro 2. En términos generales, se observa que las economías con un mayor nivel de ineficiencia en la adopción (alto δ_q) muestran, por un lado, un comportamiento a largo plazo mucho más débil en variables agregadas como el capital y el producto; por otra, la desigualdad es mayor en dichas economías. En pocas palabras, un nivel más alto de tal ineficiencia se asocia con un menor crecimiento económico

28 Con esta elección, es claro que el parámetro θ queda automáticamente fijado en 0,235.

29 El valor elegido para el ratio capital/producto representa la línea de tendencia seguida (constante) por esta variable entre 1986 y 2003 según Restrepo y Soto (2004). Por otra parte, el valor elegido para la tasa de descuento temporal podría, a priori, no corresponderse con los valores usualmente vistos en la literatura, en particular en aquella relacionada con el estudio de ciclos económicos reales en economías desarrolladas. En efecto, los valores más comúnmente usados en este tipo de estudios oscilan entre 0,95 y 0,98. Sin embargo, Frederick et al. (2002) realizan no solo un excelente análisis crítico sobre el significado de este parámetro, sino que además, ofrecen un espectro de los valores históricamente usados en las calibraciones de modelos publicados hasta aquí. Sorprendentemente, dicho espectro cubrió valores entre 0,58 y 1!

30 La encuesta Casen 2009 dice que 73% de la fuerza laboral tenía en ese año un nivel de educación menor o igual a la enseñanza media.

31 Se tomó como referencia la diferencia de ingresos entre el ingreso promedio ponderado entre uno al octavo quintil y el ingreso promedio ponderado entre el noveno y décimo quintil publicada por el INE, diferencia que se ha visto muy poco alterada durante varios decenios. Ver www.ine.cl. Obviamente, un análisis más extremo de la desigualdad de ingresos debería considerar el ratio entre los ingresos recibidos por el primer y décimo quintiles. Sin embargo, un valor calibrado más alto de la desigualdad no altera significativamente los resultados cuantitativos del modelo.

32 Para fijar este valor se ha usado como proxy la relación entre el ratio producto/hora-trabajada (GDP/hour-worked) para Chile y EE.UU. Cálculos propios hechos a partir de estadísticas publicadas por la OCDE (ver www.oecd.org/statistics), el ratio para Chile en términos del ratio estadounidense (normalizado a 1) ha oscilado entre 0,25 y 0,35 en los últimos 10 años. Alternativamente, De Gregorio (2005) -fijando en 0,4 la elasticidad del capital (α)- reporta un valor igual a 0,65 para el ratio entre las PTFs para Chile y Estados Unidos, lo que equivale a decir que la PTF de Chile sería solo 35% menor que la respectiva PTF de los Estados Unidos. Manteniendo el valor de A en 1,5, y usando el ratio mencionado como un proxy entre A y q° , el valor para q° sería igual a 2,7, valor que no altera de manera significativa los resultados obtenidos usando el valor calibrado siguiendo el primer criterio.



y una mayor desigualdad de ingresos. El cuadro A1 del apéndice complementa este hallazgo mostrando que el desempeño económico empeora monotónicamente a medida que se incrementa la ineficiencia en la adopción.

Cuadro 1**Parámetros, símbolos y valores**

Parámetro	Símbolo	Porcentaje
Elasticidad del capital en la producción	α	0,500
Elasticidad del trabajo no calificado en la producción	θ	0,235
Elasticidad del trabajo calificado en la producción	ψ	0,265
Elasticidad del capital en la adopción	a	0,200
Elasticidad del trabajo no calificado en la adopción	B	0,080
Elasticidad del trabajo calificado en la adopción	C	0,720
Factor de productividad total (PTF)	A	1,500
Factor de productividad en la adopción	D	0,750
Nivel de trabajo no calificado	L	4
Nivel de trabajo calificado	H	1
Factor de descuento temporal	β	0,9
Tasa de depreciación del capital	δ	0,1
Tasa de ineficiencia en la adopción	δ_q	0,1
Nivel tecnológico externo	q°	4,6

Fuente: Ver Sección IV.

Cuadro 2**Efectos de largo plazo de las calibraciones**

	Modelo base	Cuando δ_q es alto $\delta_q = 0,3$
Lq	0,0854	0,1521
Ly	3,9156	3,8479
Hq	0,1483	0,2299
Hy	0,8517	0,7601
μ_k	0,9750	0,9556
q	3,2112	2,448
K	287,447	159,177
Y	33,1654	23,6119
Δw	5,1829	5,7084

Fuente: Elaboración propia.

En términos más específicos, dicho cuadro muestra que tanto los esfuerzos laborales como la fracción del capital en la adopción son mucho más altos en las economías más débiles. Este fenómeno es una consecuencia directa de la ecuación (21): $\delta_q q = d[(1 - \mu_k)K]^a L_q^b H_q^c (q^o - q)$.

De hecho, el lado izquierdo de esta ecuación aumenta cuando δ_q crece. Está claro entonces que bajo el supuesto de que d y q^o son constantes, y dado que las ganancias logradas a través de la reducción de la brecha ($q - q^o$) no son lo suficientemente grandes como para balancear la ecuación, los recursos dedicados a la adopción deben aumentarse hasta corregir el desequilibrio creado por el aumento de δ_q .

Por lo tanto, esta reasignación de recursos en favor del sector de bienes intermedios (en detrimento del sector de bienes finales) implica un aumento en la demanda por recursos (trabajo + capital) de parte de dicho sector. Como el recurso laboral es escaso, esto provoca finalmente un menor nivel de actividad en la economía. Es llamativo constatar que la mayor demanda por trabajo es liderada por aumentos en el número de trabajadores no calificados. Concretamente, mientras dicho número se incrementa en 76%, el número de trabajadores calificados aumenta en 60%. Es posible avanzar entonces la hipótesis de que en las economías en las cuales la ineficiencia en la adopción es alta, la escasez relativa de trabajadores calificados obliga a la economía a contratar mano de obra no lo suficientemente calificada en los procesos de adopción, lo que a la larga podría propagar aún más la ineficiencia al interior de este sector y, por extensión, hacia toda la economía.

Por otra parte, es particularmente interesante constatar que este tipo de ineficiencia tenga, además, efectos distributivos sobre la economía. Vemos que valores más altos de δ_q conllevan una mayor desigualdad en el largo plazo. Hemos visto que, bajo el supuesto de que el recurso laboral (principalmente el calificado) es escaso, un aumento de dichos esfuerzos en el proceso de adopción viene necesariamente acompañado de una disminución del trabajo en la producción. Por lo tanto, de acuerdo con nuestra definición de desigualdad (ecuación (17)), el aumento de dicha variable es consecuencia de la disminución del número de trabajadores calificados H_y en este sector (aproximadamente 10,1%) la cual es mucho mayor que la correspondiente disminución del número de trabajadores no calificados L_y (aproximadamente 2,05%). Creemos que esta conexión entre la ineficiencia en la adopción y la desigualdad de ingresos representa un interesante hallazgo que debe ser explorado en el futuro y cuya comprensión requerirá, necesariamente, la endogeneización de δ_q .

Finalmente, observamos que, pese a la mayor asignación de recursos hacia el sector tecnológico, aquellas economías con mayores niveles de ineficiencia en la adopción tienen menores niveles de progreso tecnológico incorporado (niveles más bajos de q), lo cual encarece el precio relativo de los bienes de capital. Dicho de otro modo, el *efecto obsolescencia*, aunque igualmente presente, es menos intenso en dichas economías. Por el contrario, el *efecto del producto marginal del capital eficiente* es más alto en estas economías; debido principalmente, a que la mayor redistribución del capital hacia el sector intermedio aumenta el valor del factor η definido en la ecuación (14'). En resumen, los incentivos para producir bienes de inversión son más altos en aquellas economías cuyos procesos de adopción tecnológica son más ineficientes, pero los niveles de tecnología incorporada a dichos bienes son más bajos. Y, como consecuencia de estas decisiones, el nivel de desigualdad de largo plazo es más alto. Nuestro modelo sugiere entonces, que cuando el progreso tecnológico está incorporado al capital, los países en desarrollo deben prestar mucha atención al nivel de eficiencia de los procesos productivos orientados a acortar la brecha tecnológica, para así contribuir no solo a mejorar el desempeño de sus economías, sino también a disminuir los niveles de desigualdad.

Cuadro 3

Efectos de largo plazo de incrementar en 2% el valor de *shocks* seleccionados

	Modelo base	Shock			
		q^o	A	d	H
Lq	0,0854	0,0851	0,0851	0,085	0,085
Ly	3,9146	3,9159	3,9159	3,9153	3,9152
Hq	0,1483	0,148	0,1479	0,1473	0,1504
Hy	0,8517	0,8521	0,8521	0,8527	0,8696
μ_k	0,9750	0,9751	0,9751	0,9752	0,9752
q	3,2112	3,2811	3,2168	3,2251	3,2227
K	287,477	300,164	300,164	290,097	292,693
Y	33,1654	33,8973	34,5753	33,3333	33,6555
Δw	5,1829	5,181	5,181	5,178	5,077

Fuente: Elaboración propia.

Para entender con mayor precisión los mecanismos específicos presentes en nuestro modelo, se describe a continuación los efectos cuantitativos a largo plazo, de los *shocks* sobre el modelo de referencia, los cuales representan los correspondientes análisis de estática comparativa. Para este fin, las variables exógenas q^o , A , d y H fueron incrementadas separadamente en 2%.

Las siguientes lecciones se pueden extraer a partir del cuadro 3. En primer lugar, se observa que tanto los recursos laborales como el capital son reasignados en favor del sector de bienes finales, independientemente del tipo de *shock*. En otras palabras, la adopción tecnológica se hace menos intensa en presencia de estos *shocks*. No obstante, se observa una mayor movilidad sectorial del trabajo que del capital. Esta mayor atención por el sector de bienes finales es coherente con el supuesto de un planificador central que se preocupa por maximizar el bienestar a través del consumo. Como consecuencia de esta decisión, la desigualdad de ingresos se reduce debido a que, tal como predice la ecuación (21), la fracción del capital en la producción $\partial\mu_k/\partial y$ es positiva³³ para todos los *shocks* y $\psi/c - \theta/b < 0$. Sin embargo, los cambios en variables institucionales como d y H son más eficaces que los *shocks* tecnológicos q^o y A para reducir dicha desigualdad. Más aún, el ejercicio sugiere que aumentar la oferta de mano de obra calificada sería la política distributiva más eficaz. Resulta interesante notar que la maximización del bienestar mencionada (objetivo prioritario del planificador) no se logra descuidando del todo el sector de bienes de capital. En efecto, podemos concluir a partir del cuadro 3, que todos los *shocks* reducen el precio relativo $1/q$ de dichos bienes, lo cual significa que la economía también incentiva la acumulación de capital *eficiente* a través de la producción de bienes intermedios con progreso tecnológico incorporado, ql .

33 Nos referimos a un shock sobre la variable q^o , A , H , o d .

En resumen, tanto el *efecto del producto marginal del capital eficiente* como el *efecto obsolescencia* ocurren en presencia de los *shocks* seleccionados. Sin embargo, el primero predomina sobre el segundo³⁴. Y, como otro resultado de esta combinación de efectos, el producto (Y) aumenta. Por lo tanto, esta ilustración numérica ofrece escenarios en los cuales el crecimiento económico es compatible con menos desigualdad. Por supuesto, el grado de compatibilidad, particularmente por el lado de la desigualdad, no es el mismo para cada *shock*. Los *shocks* tecnológicos q y A contribuyen al crecimiento económico, pero su impacto distributivo es poco significativo. El *shock* institucional d tiene menor impacto que los anteriores sobre el crecimiento, pero su efecto reductor sobre la desigualdad, aunque también limitado, es mayor. La razón por la cual estos tres *shocks* no impactan significativamente sobre la desigualdad puede hallarse mirando la ecuación (30) y los valores de la variable μ_k listados en el cuadro 3. Por una parte, observamos que ninguno de los *shocks* mencionados es capaz de alterar significativamente la distribución sectorial del capital, μ_k . En términos formales, $\partial\mu_k/\partial y \rightarrow 0$ ³⁵. Por otra parte, los valores de $\kappa_2 > 0$ y $\kappa_3 > 0$ definidos en dicha ecuación no son lo suficientemente grandes para compensar estas pequeñas variaciones de la variable μ_k , contribuyendo de esta forma a generar reducciones poco significativas en el nivel de desigualdad de largo plazo. Finalmente, la mayor eficacia de la política institucional H para reducir la desigualdad se explica por la combinación de los dos términos del lado derecho de la ecuación (31). Aunque el efecto de este *shock* sobre μ_k es también poco significativo [$\partial\mu_k/\partial H \rightarrow 0$], esta condición solo afecta al segundo término de dicho lado. Por lo tanto, la reducción (cercana a 2,04%) de la desigualdad es casi enteramente atribuible al primer término del lado derecho de esta ecuación.

V. COMENTARIOS FINALES

En este trabajo nos hemos focalizado en estudiar las consecuencias distributivas de largo plazo que tendría sobre una economía en desarrollo, la implementación de procesos de adopción tecnológica (no del todo eficientes) orientados a sofisticar su capacidad productiva y a acortar la brecha tecnológica con los países avanzados por medio del progreso tecnológico incorporado al capital físico, PTICF. Para este fin, hemos introducido tres innovaciones al modelo de Boucekkine et al. (2006a): heterogeneidad en el trabajo, capital físico en el sector de adopción y un cierto nivel de ineficiencia en dicho sector. Se ha demostrado que la segunda innovación da lugar a lo que hemos denominado el *efecto del producto marginal del capital eficiente*, el cual otorga mayores incentivos a la producción de bienes finales que los existentes, en ausencia de dicha innovación. Por lo tanto, el *efecto obsolescencia* encontrado por Boucekkine et al. (2005) —el cual es inherente al cambio tecnológico incorporado e incentiva la producción de bienes intermedios— aparece relativamente disminuido en presencia de esta innovación.

La principal contribución de este trabajo se puede resumir como sigue. Para una economía como la descrita en el párrafo anterior, y en presencia de *shocks* ya sean tecnológicos o institucionales, nuestro modelo predice escenarios en los cuales es factible reducir la desigualdad de ingresos en el largo plazo. En particular, este hallazgo contradice la predicción de Jovanovic (1998), la cual establece que cuando las decisiones de inversión consideran

34 Como se ha mencionado, el primer efecto prioriza el sector de bienes finales, y el segundo el de bienes intermedios.

35 Numéricamente, estas variaciones son del orden de $10^2\%$.



que el progreso tecnológico esté incorporado al capital físico, dicha desigualdad persistirá indefinidamente. Por lo tanto, dicha predicción tendría una validez *condicional* de acuerdo con nuestros resultados.

Desde un punto de vista desarrollista, el hallazgo mencionado sería una noticia optimista. Sin embargo, dicho optimismo debe ser alimentado con el cumplimiento de las condiciones subyacentes a la factibilidad aludida. Al respecto, nuestro modelo sugiere, por una parte, que los parámetros estructurales —como la relación sectorial de distribución de las elasticidades del trabajo calificado versus el no calificado— importan. Si la diferencia entre los ratios de las intensidades del trabajo calificado sobre el no calificado en el sector de bienes finales y el adoptivo es menor (mayor) que 1, esta condición actuará como un reductor (amplificador) de desigualdad. Puesto esto en perspectiva, esta condición sugiere que urge realizar mucha investigación empírica sobre cómo los países en desarrollo han estado llevando a cabo sus procesos de adopción tecnológica, para saber con precisión cómo se ha estado utilizando el recurso trabajo en el sector mismo y en relación con el sector de bienes finales. Desafortunadamente, se observa una gran falta de conocimiento al respecto.

A la vez, el modelo ofrece un mecanismo endógeno clave que podría también impactar sobre la desigualdad de largo plazo. Se trata de la redistribución intersectorial del capital en presencia de *shocks*. Si el *shock* aumenta (reduce) la fracción de capital en el sector de bienes finales, la desigualdad aumentará (disminuirá). Por lo tanto, el resultado neto sobre la desigualdad dependerá de la combinación de estos dos factores.

Además de la contribución mencionada, nuestro modelo predice analíticamente que el aumento relativo del número de personas educadas en la economía podría no contribuir a la reducción de la desigualdad de largo plazo. Este hallazgo pone una señal de alerta sobre la eficacia habitual (y casi incuestionable) que se suele atribuir a dicha política en el logro de dicho objetivo, ya sea en el ámbito político o de reputadas instituciones económicas internacionales³⁶. Hacemos hincapié en que no estamos abogando bajo ningún punto de vista por el abandono de esta política. Simplemente sostenemos que, de acuerdo con nuestro modelo, su eficacia sobre la reducción de la desigualdad requiere conocer con precisión, por una parte, los parámetros estructurales mencionados anteriormente y, por otra, su potencial efecto sobre la redistribución sectorial del capital, tal como predice la ecuación (31).

Desde el punto de vista numérico, nos gustaría destacar el hecho de que para todos los *shocks* seleccionados fue posible encontrar soluciones de largo plazo en las cuales el crecimiento económico es compatible con menos desigualdad. Sin embargo, los resultados obtenidos muestran que dicha compatibilidad es alta solo cuando la oferta relativa de trabajadores calificados (H) es incrementada. Cuando la economía es enfrentada a un aumento, ya sea, en el progreso tecnológico externo (q°), en la productividad total de factores (A), o en la “productividad total de factores del sector de adopción” (d), los efectos son significativos sobre el crecimiento, pero débiles sobre la reducción de la desigualdad. El principal obstáculo que

36 Por ejemplo, el informe de la OCDE (2012) “Going for Growth” (capítulo 5), presenta un nuevo análisis empírico que demuestra que, a pesar de que los cambios tecnológicos y la globalización han tenido un papel en el aumento de la distribución de los salarios, las políticas de educación que aumentan las tasas de graduación de la educación secundaria y terciaria y que promueven la igualdad de acceso a la educación ayudan a reducir la desigualdad de ingresos.

enfrentan estos tres últimos *shocks* para impactar más decididamente sobre la desigualdad, es su incapacidad para alterar significativamente la distribución de largo plazo del capital eficiente (aquel que tiene incorporado el último nivel tecnológico disponible en la economía), ello pese al supuesto de perfecta movilidad sectorial del capital. Técnicamente, este resultado era esperable debido a que el modelo no contempla factores de riesgo sectoriales que puedan crear diferencias entre el producto marginal del capital de cada sector de la economía. Puesto que en la realidad sí existen tales factores, consideramos pertinente incorporar esta innovación y estudiar sus efectos distributivos en investigaciones futuras.

Por otra parte, los resultados numéricos también sugieren la existencia de una posible conexión entre el nivel de eficiencia del sector adoptivo y la desigualdad de ingresos. Hemos visto que mientras más ineficiente es dicho sector, más alta es la desigualdad de ingresos en el largo plazo. Este resultado viene a complementar nuestra urgente recomendación que enfatiza el potencial rol que la gestión adecuada de la adopción tecnológica podría tener sobre el desarrollo económico de nuestros países, sobre todo en la construcción de trayectorias de crecimiento con más equidad. Sugerimos que este tipo específico de ineficiencias se debe abordar con mucha seriedad en el Sur con el fin de contribuir a acelerar su carrera hacia la construcción de sociedades más inclusivas.

Resulta evidente que nuestro modelo necesita ser enriquecido en varias direcciones, con el fin de proporcionar un marco teórico más completo, que permita estudiar más finamente los efectos distributivos a los que los países del Sur se ven enfrentados al tratar simultáneamente de sofisticar sus capacidades productivas y acortar la brecha tecnológica con el Norte a través del PTICF. Aparte de los factores de riesgo sectorial mencionados, las siguientes extensiones están siendo analizadas en la actualidad. Primero, los aspectos institucionales deben ser mejor formulados, particularmente aquellos relacionados con el fomento de la adopción. Aunque aún vemos espacio para abordar esto desde la perspectiva de una economía cerrada, un marco natural para este tipo de análisis requerirá un modelo de economía abierta. En segundo lugar, planeamos heterogeneizar las preferencias de los agentes e incluir en ellas variables que vayan más allá del patrón convencional consumo-ocio. Además, la endogenización del factor de ineficiencia en la adopción y los potenciales efectos derrame del PTICF figuran también en nuestra agenda de investigación.



REFERENCIAS

- Acemoglu, D. (1998). "Why Do New Technologies Complement Skills? Directed Technical Change and Wage Inequality". *Quarterly Journal of Economics* 113(4): 1055–90.
- Acemoglu, Daron (2002). "Directed Technical Change". *Review of Economic Studies* 69: 781–810.
- Acemoglu, D. (2003). "Labour- and Capital-Augmenting Technical Change". *Journal of the European Economic Association* 1(1): 1–37.
- Banco Mundial (2008). *Global Economic Prospects: Technology Diffusion in the Developing World*.
- Barro, R. y X. Sala-i-Martin (2004). "Economic Growth". Cambridge, MA: MIT Press.
- Benhabib, J. y B. Hopenhayt (2002). "Another View of Investment: 40 Years Later". En: *Information and Expectations in Modern Macroeconomics: In Honor of Edmund S. Phelps*: Princeton University Press.
- Berg, A., J.D. Ostry, and J. Zettelmeyer (2012), "What Makes Growth Sustained?" *Journal of Development Economics*, Vol. 98(2), pp. 149–66.
- Bertola, G. (1993). "Factor Shares and Savings in Endogenous Growth". *American Economic Review* 83: 1184–98.
- Boucekkine, R., F. del Río y O. Licandro (2003a). "Embodied Technological Change, learning and the Productivity Slowdown". *Scandinavian Journal of Economics* 105: 87–98.
- Boucekkine, R. y D. de la Croix (2003b). "Information technologies, embodiment and growth", *Journal of Economic Dynamics and Control* 27, 2007-2034.
- Boucekkine, R., F. del Río y O. Licandro (2005). "Obsolescence and Modernization in the Growth Process". *Journal of Development Economics* 77: 153–71.
- Boucekkine, R., B. Martínez y C. Saglam (2006a). "The Development Problem under Embodiment". *Review of Development Economics* 10(2006): 42–58.
- Boucekkine, R., B. Martínez y C. Saglam (2006b). "Capital Maintenance v/s Technology Adoption under Embodied Technical Progress". *Berkeley Electronic Journals in Macroeconomics* 6, Article 7 (Contributions).
- De Gregorio, J. (2005). "Crecimiento Económico en Chile: Evidencia, Fuentes y Perspectivas". *Estudios Públicos* 98.
- Frederick, S., G. Loewenstein y T. O'Donoghue (2002). "Time Discounting and Time Preference: A Critical Review". *Journal of Economic Literature* 40(2): 351–401.
- Fuentes, J.R., M. Larraín y K. Schmidt-Hebbel (2005). "Sources of Growth and Behaviour of TFP in Chile". *Cuadernos de Economía* 43(127): 113–42.

Fuentes, R., T. Mishra, M. Parthi y J. Scavia (2014a). "On optimal long-term relationship between TFP, institutions, and income inequality under embodied technical progress". *Structural Change and Economic Dynamics* 31: 89–100.

Fuentes, R., T. Mishra, J. Scavia y M. Parthi (2014b). "Distributive Consequences of Foreign Direct Investment in Economic Development in a Small Open Economy". Versión corregida, SBE-E/2011/06 WP, Department of Economics, Swansea University.

Galor, O. y J. Zeira (1993). "Income Distribution and Macroeconomics". *Review of Economic Studies* 60: 35–52.

Gallego, F. (2012). "Skill Premium in Chile: Studying Skill Upgrading in the South". *World Development* 40: 594–609.

García-Peñalosa, C. y S. Turnovsky (2005). "Production Risk and the Functional Distribution of Income in a Developing Economy: Tradeoffs and Policy Responses". *Journal of Development Economics* 76: 175–208.

García-Peñalosa, C. y S. Turnovsky (2006). "Growth and Income Inequality: A Canonical Model". *Economic Theory* 28(1): 25–49.

Guerreiro, M. (2012). "The Labour Share of Income around the World: Evidence from a Panel Dataset". Development Economics and Public Development Economics and Public Policy Working. Paper Series WP No. 32/2012, Institute for Development Policy and Management, (IDPM).

Greenwood, J., Z. Herkowitz y P. Krusell (1997). "Long-run Implications of Investment-specific Technological Change". *American Economic Review* 87: 342–62.

Greenwood, J. y P. Krusell (2007). "Growth Accounting with Investment-specific Technological Progress: A Discussion of Two Approaches". *Journal of Monetary Economics* 54: 1300–10.

Jones, C. (2003). "Growth, Capital Shares, and a New Perspective on Production Functions". *Proceedings*, Federal Reserve Bank of San Francisco, issue Nov.

Jovanovic, B. (1998). "Vintage Capital and Income Inequality". *Review of Economic Dynamics* 1: 497–530.

Kiley, M.T. (1999). "The Supply of Skilled Labour and Skill-biased Technological Progress". *Economic Journal, Royal Economic Society* 109 (458): 708–24.

Krusell, P. (1998). "Investment-specific R&D and the Decline in the Relative Price of Capital". *Journal of Economic Growth* 3: 131–41.

Kuznets, S. (1955). "Economic Growth and Income Inequality". *American Economic Review* 45: 1–28.

Hornstein, Andreas, P. Krusell and G. Violante (2005). "The Effects of Technical Change on Labor Market Inequalities". In Philippe Aghion & Steven Durlauf (ed.), *Handbook of Economic Growth*, edition 1, volume 1, chapter 20, pages 1275–1370. Elsevier.

Mankiw, G. (2013). "Defending the One Percent". *Journal of Economic Perspectives* 27(3): 21–34.

Nelson, R. y E. Phelps (1966). "Investment in Humans, Technology Diffusion and Economic Growth". *American Economic Review* 56: 69–75.



OCDE (2012). "Economic Policy Reforms: Going for Growth". Capítulo 5, pág 181.

Ortega, D. y Rodríguez, F. (2006). "Are Capital Shares Higher in Poor Countries? Evidence from industrial surveys". Wesleyan Economics Working Papers N°2006-023, Wesleyan University.

Restrepo, J.E. y C. Soto. (2004). "Regularidades Empíricas de la Economía Chilena". Documento de Trabajo N°301, Banco Central de Chile.

Sakellaris P. y D. Wilson, "Quantifying Embodied Technological Change". *Review of Economics Dynamics* 7(1): 1-26.

Schneider, D. (2011). "The Labour Share: A Review of Theory and Evidence," SFB 649 Discussion Papers SFB649DP2011-069, Sonderforschungsbereich 649, Humboldt University, Berlín, Alemania.

Ströbel T, (2013). "Embodied Technology Diffusion and Sectoral Productivity: Evidence for 12 OECD Countries". Ifo Working Paper Series N°156, Ifo Institute for Economic Research, Universidad de Munich.

APÉNDICE

1. El Lagrangiano correspondiente al problema de maximización es el siguiente después de introducir la ecuación (1) en la ecuación (6):

$$\begin{aligned} \mathcal{L} = & \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U(C_t) + \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \lambda_{q,t} \left\{ (1 - \delta_{q,t}) q_{t-1} + d_t \left[(1 - \mu_{k,t}) K_t \right]^a L_{q,t}^b H_{q,t}^c (q_t^o - q_t) - q_t \right\} \\ & + \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \omega_{H,t} \left\{ H - H_{q,t} - H_{y,t} \right\} + \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \omega_{L,t} \left\{ L - L_{q,t} - L_{y,t} \right\} \\ & + \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \lambda_{y,t} \left\{ A (\mu_{k,t} K_t)^\alpha L_{y,t}^\theta H_{y,t}^\psi - C_t - I_t \right\} + \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \lambda_{k,t} \left\{ q_t I_t + (1 - \delta) K_{t-1} - K_t \right\} \end{aligned}$$

2. Prueba de la proposición 2

Después de hacer sucesivas sustituciones, es posible reducir el sistema de 10 ecuaciones a una ecuación implícita para $\mu_k \in (0, 1)$:

Por simplicidad, definimos:

$$z_1 = \frac{\theta a}{b \alpha}, \quad z_2 = \frac{\psi a}{c \alpha}, \quad z_3 = \frac{1 - \beta(1 - \delta)}{\alpha}, \quad z_4 = \frac{\delta \theta}{1 - \beta(1 - \delta)}, \quad z_5(\mu_k) = \frac{\mu_k}{(1 - \mu_k)}$$

A partir de estas definiciones, las ecuaciones (19)-(28) son suficientes para demostrar que las siguientes variables endógenas pueden ser escritas como una función de μ_k :

$$L_q(\mu_k) = \frac{L}{1 + z_1 z_5}, \quad L_y(\mu_k) = \frac{z_1 z_5 L}{1 + z_1 z_5}, \quad H_q(\mu_k) = \frac{H}{1 + z_2 z_5}, \quad H_y(\mu_k) = \frac{z_2 z_5 H}{1 + z_2 z_5}, \quad \frac{qY}{K}(\mu_k) = z_3 \mu_k,$$

$$q(\mu_k) = q^o \left[1 - \frac{(1 - \mu_k)}{z_4} \right], \quad K(\mu_k) = \frac{1}{\mu_k} \left(\frac{A [L_y(\mu_k)]^\theta [H_y(\mu_k)]^\psi q(\mu_k)}{z_3} \right)^{\frac{1}{1 - \alpha}}$$

Por medio de sucesivas sustituciones, es posible reducir el sistema de 10 ecuaciones a una función implícita de $\mu_k \in (0, 1)$:

$$G(\mu_k) = \frac{[1 - \beta(1 - \delta)]}{\theta} (1 - \mu_k) \left[1 + d \left[(1 - \mu_k) K(\mu_k) \right]^a [L_q(\mu_k)]^b [H_q(\mu_k)]^c \right] - \delta = 0 \quad (32)$$

A partir de esta función, es relativamente simple demostrar que $G(\mu_k)$ es una función decreciente y cóncava que satisface las siguientes condiciones:

$$\lim_{\mu_k \rightarrow 0} G(\mu_k) = \frac{[1 - \beta(1 - \delta)]}{\theta} - \delta > 0 \quad \text{si} \quad \delta < \frac{[1 - \beta(1 - \delta)]}{\theta} \quad (33)$$

$$\lim_{\mu_k \rightarrow 1} G(\mu_k) = -\delta < 0, \quad \text{si} \quad \delta > 0, \quad (34)$$



CUADRO A1

Propiedades del estado estacionario cuando se incrementa la ineficiencia en la adopción

	Modelo base	Valores asignados a δ_q							
		$\delta_q = 0,2$	$\delta_q = 0,3$	$\delta_q = 0,4$	$\delta_q = 0,5$	$\delta_q = 0,6$	$\delta_q = 0,7$	$\delta_q = 0,8$	$\delta_q = 0,9$
Lq	0,085	0,124	0,152	0,175	0,194	0,210	0,224	0,237	0,248
Ly	3,915	3,876	3,848	3,825	3,806	3,790	3,776	3,763	3,752
Hq	0,148	0,203	0,240	0,267	0,289	0,307	0,322	0,334	0,345
Hy	0,852	0,797	0,760	0,733	0,711	0,693	0,678	0,666	0,655
μ_k	0,975	0,964	0,956	0,949	0,944	0,939	0,935	0,931	0,928
q	3,211	2,766	2,448	2,198	1,993	1,820	1,671	1,540	1,426
K	287,447	207,241	159,177	126,427	102,643	84,678	70,735	59,693	50,810
Y	33,165	27,444	23,612	20,739	18,463	16,599	15,038	13,708	12,561
Δw	5,183	5,486	5,708	5,887	6,036	6,165	6,276	6,375	6,463

Fuente: Elaboración propia.