



# Universidad Nacional de Cuyo

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

DOCTORADO EN CIENCIAS ECONÓMICAS

CAPITAL HUMANO Y CRECIMIENTO ECONÓMICO:  
UN ANÁLISIS DE LA CONTRIBUCIÓN DE LA EDUCACIÓN SOBRE LA  
PRODUCTIVIDAD AGREGADA

Tesista: Pablo Mahnic

Director: Dr. Luis Alcalá

Mendoza - 2023

# Agradecimientos

Quiero agradecer inmensamente a mi director de tesis Luis Alcalá por su apoyo y orientación a lo largo de estos años. Le agradezco por sus imprescindibles sugerencias y correcciones, esenciales para esta tesis. Agradezco especialmente a Virginia Vera, directora de la Mención en Economía del Doctorado en Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Cuyo, por su dedicación y esfuerzo para que este trabajo llegara a buen término. Agradezco a los restantes profesores del Doctorado en Ciencias Económicas, Florencia Gabrielli, Monserrat Serio, Raimundo Soto y Marcos Herrera por sus enseñanzas, sugerencias, ideas y comentarios. Agradezco los comentarios y aportes recibidos de parte de Germán González, así como todos los comentarios recibidos por distintos colegas en congresos y reuniones científicas. También agradezco a mis compañeros de Doctorado y a los participantes de los seminarios de tesis realizados en la Facultad de Ciencias Económicas. Finalmente, un especial agradecimiento a mi familia Paula, Juan, Clara y Cecilia, que siempre me brindaron su apoyo.

# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>7</b>
1.1. Los retornos privados a la educación . . . . .	7
1.2. La relación de Mincer a nivel agregado . . . . .	9
1.3. Retornos sociales y crecimiento económico . . . . .	10
1.4. Educación y emprendedurismo . . . . .	12
1.5. Propuesta de trabajo . . . . .	14
<b>2. Midiendo las externalidades agregadas a la educación</b>	<b>16</b>
2.1. Introducción . . . . .	16
2.2. El modelo teórico . . . . .	19
2.3. La distribución del capital humano . . . . .	21
2.4. Contabilidad del desarrollo . . . . .	22
2.5. Capital humano y años de escolaridad . . . . .	24
2.6. Midiendo las externalidades agregadas del capital humano . . . . .	25
2.6.1. Metodología . . . . .	25
2.6.2. Resultados . . . . .	26
2.7. Conclusiones . . . . .	28
<b>3. Escolaridad y crecimiento económico: considerando no linealidades en la ecuación de Mincer</b>	<b>29</b>
3.1. Introducción . . . . .	29
3.2. Modelo teórico . . . . .	31
3.3. Estimación de la cota superior . . . . .	34

3.4. Construcción de las series de capital humano . . . . .	37
3.5. Estimación econométrica . . . . .	39
3.6. Controlando por calidad educativa . . . . .	44
3.7. Conclusiones . . . . .	47
<b>4. Emprendedurismo, capital humano y crecimiento económico</b>	<b>49</b>
4.1. Introducción . . . . .	49
4.2. Modelo teórico . . . . .	52
4.3. El agente trabajador . . . . .	55
4.4. El agente emprendedor . . . . .	57
4.5. Emprender versus trabajar . . . . .	59
4.6. Demanda y oferta de factores productivos . . . . .	61
4.7. Ejemplo con funciones específicas . . . . .	63
4.8. Crecimiento sostenido . . . . .	66
4.9. Simulación del modelo . . . . .	69
4.10. Conclusiones . . . . .	75
<b>5. Comentarios finales</b>	<b>77</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>80</b>
<b>Apéndices</b>	<b>85</b>
A. Capítulo 2 . . . . .	85
B. Capítulo 3 . . . . .	88
B.1. El método de Boot, Feibes y Lisman . . . . .	88
B.2. Test de raíz unitaria y cointegración . . . . .	88
B.3. Simulaciones de Montecarlo . . . . .	89
C. Capítulo 4 . . . . .	92
C.1. El modelo con rendimientos constantes a escala . . . . .	92
C.2. Equilibrio en el mercado de bienes . . . . .	93
C.3. Decisiones óptimas con función de utilidad instantánea logarítmica . . . . .	95

# Índice de tablas

2.1. Muestra de países . . . . .	22
2.2. Escolaridad . . . . .	22
2.3. Contabilidad del desarrollo . . . . .	23
2.4. Contribución de cada factor . . . . .	23
2.5. Estimación de los coeficientes de Mincer macroeconómicos . . . . .	24
2.6. Cálculo del retorno social (con $\alpha$ variable) . . . . .	26
2.7. Cálculo del retorno social (con $\alpha = 2/3$ ) . . . . .	27
2.8. Retornos sociales vs. ingreso per cápita . . . . .	28
3.1. Resumen de las variables utilizadas . . . . .	40
3.2. Estimaciones MCO y MCOD utilizando las cotas inferiores . . . . .	42
3.3. Estimaciones MCOD utilizando las cotas superiores . . . . .	43
3.4. Estimaciones considerando calidad educativa . . . . .	45
3.5. Crecimiento estimado para las distintas regiones . . . . .	46
A.1. Muestra utilizada de países . . . . .	85
B.1. Test de Choi de raíz unitaria . . . . .	89
B.2. Test de cointegración de Pedroni . . . . .	89
B.3. Simulaciones de Montecarlo . . . . .	91

# Índice de figuras

2.1.	Logaritmo del ingreso por trabajador vs. años de escolaridad . . . . .	17
2.2.	Logaritmo del capital por trabajador vs. años de escolaridad . . . . .	24
4.1.	Proceso de toma de decisiones de cada agente . . . . .	54
4.2.	Emprender versus trabajar . . . . .	60
4.3.	Efecto del aumento en el salario . . . . .	61
4.4.	Efecto del aumento en el retorno al capital físico . . . . .	62
4.5.	Efectos del aumento en $O$ en la distribución de los agentes . . . . .	68
4.6.	Tiempo dedicado a formar capital humano por distintos emprendedores . . . . .	70
4.7.	Decisión de los agentes en estado estacionario . . . . .	72
4.8.	Comparación de distintos escenarios versus escenario base . . . . .	73
4.9.	Modificación en la decisión de los agentes a medida que la economía crece . . . . .	75

# Capítulo 1

## Introducción

El estudio de los efectos de la educación sobre las relaciones económicas se inició con la evidencia empírica, documentada por Mincer (1958), que correlaciona niveles más altos de instrucción formal con mayores niveles de ingreso personal. Esto generó la idea que la educación impacta positivamente en el nivel de productividad de una persona y, consecuentemente, de que mayores niveles de educación en la población generan mayores niveles de ingreso per cápita. A lo largo de este capítulo revisamos la literatura vinculada a los retornos de la educación y a la relación causal entre educación y productividad, tanto a nivel individual como agregado. Además, en la última sección de este capítulo detallamos los objetivos de esta tesis, las hipótesis de trabajos y presentamos un resumen del desarrollo de los capítulos subsiguientes.

### 1.1. Los retornos privados a la educación

Inicialmente, el primer impacto de la educación sobre la economía que los economistas pudieron identificar fue el relativo a los salarios. Mincer (1958) logró conciliar la concepción de una distribución normal de las habilidades en la población con una distribución asimétrica de los ingresos personales, en base a la idea de que los trabajos difieren en la cantidad de entrenamiento o capacitación que requieren. Dado que dicho entrenamiento precisa tiempo, es necesario compensar al individuo dispuesto a capacitarse mediante un salario futuro más elevado. Más adelante, Schultz (1961) introdujo el concepto de capital humano en la literatura económica. Para este autor, muchos de los gastos que se consideraban consumo eran en realidad inversiones en capital humano, principalmente los gastos en educación, salud y migración. De hecho, propuso que cualquier gasto destinado a mejorar las condiciones laborales debía ser considerado

inversión en capital humano. Y, más aún, puso en consideración el hecho de que el incremento en las habilidades cognitivas era capaz de explicar las diferencias existentes entre las tasas de crecimiento económico observadas, y las tasas de crecimiento de la mano de obra y el capital físico.

En base a estas ideas, Becker (1962), utilizando un modelo sencillo de elección individual de años de estudio, derivó una relación lineal entre el logaritmo del ingreso personal y los años dedicados por parte de una persona a educarse. Luego, Mincer (1974) completó esta teoría con la propuesta de que el capital humano de una persona se deprecia a lo largo de su vida. De esta forma, continuó con la formulación lineal entre el logaritmo del ingreso personal y los años de estudio, pero incluyó un término cuadrático para los años de experiencia. Esto le permitió obtener muy buenas estimaciones de las curvas de edad-ingreso de Estados Unidos para fines de la década de 1950 para los distintos niveles educativos. De hecho, las estimaciones de esta relación desde su propuesta original hasta el día de hoy han mostrado resultados acordes con la teoría mencionada y, además, muy consistentes entre sí. Tal es así que Hanushek (2015) llega a decir de esta formulación de determinación de salarios que “es probablemente el desarrollo teórico/empírico más exitoso en la historia de la ciencia económica”.

Gran parte de este éxito ha sido documentado en los trabajos de Psacharopoulos (1985), Psacharopoulos (1994), Psacharopoulos y Patrinos (2004) y Psacharopoulos y Patrinos (2018), quienes se dedicaron a recolectar estimaciones relativas a los retornos a la educación de todos aquellos países para los que les fue posible. A lo largo de más de 30 años de estudios, estos autores han dado cuenta de patrones muy estables en los retornos estimados. Entre estos patrones podemos mencionar un retorno promedio a la escolaridad de entre 9 y 10 por ciento para las distintas muestras utilizadas, retornos más elevados para los países de América Latina y África Subsahariana, retornos más altos para mujeres y retornos menores para la educación secundaria, en comparación con la educación primaria y terciaria.

Card (1999), al preguntarse si es posible realmente estimar el efecto causal de la educación sobre el ingreso personal en base a las ecuaciones de Mincer, menciona dos problemas importantes a tener en cuenta. Por un lado, existe un sesgo por variables omitidas, principalmente debido a la omisión de la habilidad innata. Esta variable no se puede observar, pero es de esperar que esté fuertemente correlacionada con el nivel de instrucción de una persona. Por otro lado, existen errores de medición debido a que no hay datos certeros relativos a años de estudio. Esto se debe a que, en general, lo mejor que pueden lograr las encuestas es determinar el máximo nivel de instrucción alcanzado por los individuos. Estos problemas pueden generar estimaciones sesgadas,

el primer problema mencionado tiende a sobreestimar el retorno a la educación mientras que el segundo tiende a subestimarlo. Más adelante, Card (2001) lleva a cabo una extensa revisión de la literatura que intenta estimar el efecto causal de la escolaridad sobre el salario, mediante la utilización de factores institucionales que impactan sobre la oferta educativa como instrumentos que permiten identificar los coeficientes de interés del modelo de Mincer. En base a este trabajo, concluye que el verdadero efecto causal de la educación sobre el salario es al menos tan grande como el estimado por el método de Mínimos Cuadrado Ordinarios (MCO).

Heckman, Lochner y Todd (2003), utilizando datos censales para Estados Unidos entre 1940 y 1990, demuestran que la relación planteada originalmente por Mincer fue válida hasta la década de 1960. Estos autores encuentran evidencia de la existencia de una relación convexa entre escolaridad y logaritmo del ingreso personal a partir de 1960 y, además, que es necesario relajar el supuesto de separabilidad entre años de estudio y experiencia laboral para obtener estimaciones consistentes de los retornos a la educación. Otros autores como Murphy y Welch (1990), Belzil (2008) y Deschenes (2006), utilizando datos de Estados Unidos para distintos períodos y con diversas metodologías, han encontrado resultados que van en este mismo sentido.

## 1.2. La relación de Mincer a nivel agregado

Si la educación de un individuo impacta positivamente en su ingreso personal a través de un incremento en su productividad, es de esperar que el nivel de educación agregado guarde relación con los niveles de productividad agregados. Por este motivo, Barro (1991), Barro y Sala-i-Martin (1997) y Sala-i-Martin (1997) se proponen estudiar la relación entre las tasas de crecimiento económico y las tasas de matriculación en los distintos niveles educativos mediante regresiones lineales para datos de corte transversal. Estos autores encuentran evidencia de una fuerte correlación entre las tasas de matriculación a la educación en 1960 y las tasas de crecimiento que presentaron los distintos países estudiados en el periodo 1960-1990.

Sin embargo, Benhabib y Spiegel (1994) consideran que las tasas de matriculación a los distintos niveles educativos pueden representar los niveles de inversión en capital humano, pero no tienen por qué ser una buena variable proxy para el stock de capital humano. Por este motivo, estos autores junto con otros como Klenow y Rodríguez-Clare (1997), Lindhal y Krueger (2001), Bloom, Canning y Sevilla (2004), Cohen y Soto (2007), propusieron medir el stock de capital humano agregado de una economía por medio de los años promedio de educación de la población, prácticamente extendiendo la ecuación de Mincer microeconómica a un nivel

agregado. Utilizando distintas metodologías, estos autores presentan evidencia del impacto de los años de escolaridad sobre el nivel de producción agregada. Mientras que los tres primeros trabajos obtienen evidencia de que la relación entre años de estudio y PBI per cápita puede ser muy modesta e incluso no significativa, los últimos dos concluyen que los años de educación tienen un impacto positivo y significativo sobre los niveles de producción agregados.

Estos resultados llevaron a diversos autores a estudiar, desde un punto de vista teórico, la posibilidad de representar el stock de capital humano mediante los años de educación promedio de la población. Dichos autores, partiendo de la concepción de un capital humano individual representado por la ecuación de Mincer, encontraron serios problemas para extender la relación directamente a nivel agregado. Jones (2008) y Pandey (2008) consideran que el principal problema con este enfoque radica en considerar que el trabajo calificado y el no calificado son sustitutos perfectos. Por su parte, Growiec (2010) demostró que, aun siendo válida la ecuación de Mincer a nivel individual, dicha relación se pierde a nivel agregado, y que la estructura etaria de la población juega un rol importante en el stock de capital humano de la economía. Finalmente, Growiec y Groth (2015), basados en estos resultados, llevaron a cabo ejercicios de simulación matemática con los que demuestran que el verdadero stock de capital humano agregado puede ser aproximado mediante una función lineal que incluya los años promedio de estudio de la población siempre que los retornos a la experiencia y a la educación sean prácticamente constantes a lo largo de los países considerados.

### **1.3. Retornos sociales y crecimiento económico**

Otra incógnita importante que surge al estudiar las relaciones entre ingreso per cápita y escolaridad, viene dada por el hecho de si los retornos a la educación son netamente privados o si, por el contrario, existe algún efecto derrame que genere externalidades positivas a nivel agregado. Diversos autores han estudiado esta posibilidad tanto desde un punto de vista teórico como empírico, proponiendo distintos mecanismos causales que posibiliten la presencia de externalidades. Por ejemplo, Nelson y Phelps (1966) proponen dos mecanismos por los cuales la educación puede impactar directamente en la Productividad Total de los Factores (PTF) e indirectamente en el crecimiento económico. Por un lado, consideraron la posibilidad de que un nivel mayor de educación tienda a reducir el tiempo entre la aparición de una nueva tecnología y su aplicación a nivel productivo. Y, por otro, también propusieron la idea de que la tasa de crecimiento tecnológico dependiera directamente de la educación. En ambos casos, si la

tecnología produce externalidades, entonces la educación también las produce, al menos de una forma indirecta, y esto es una causa de divergencia entre los retornos privados a la escolaridad y los sociales. Por su parte, Romer (1990) explicita algunos de estos mecanismos al proponer un modelo teórico de crecimiento endógeno donde existe un sector específico dedicado a la investigación que utiliza capital humano para producir nuevas tecnologías. De esta forma, Romer muestra que las economías con mayores niveles de capital humano experimentan un crecimiento económico mayor. Además, sus hallazgos sugieren que la apertura comercial podría actuar como un acelerador de este crecimiento, lo que le permite explicar el pobre desempeño mostrado por las economías cerradas en vías de desarrollo que presentan bajos niveles de capital humano.

Benhabib y Spiegel (2005) estiman un modelo similar al propuesto por Nelson y Phelps (1966), utilizando los años promedio de estudio de la población mayor a 25 años como variable proxy del stock de capital humano, y concluyen que el capital humano juega un rol positivo en la determinación del crecimiento en la PTF a través de su influencia en la capacidad de adoptar nuevas tecnologías.

En forma similar, Erosa, Koreshkova y Restuccia (2010) proponen un modelo con dos sectores, uno de manufacturas y otro de servicios. Dado que ambos productos pueden consumirse o ahorrarse y que el ahorro en servicios se transforma en capital humano, los autores encuentran que existe un efecto amplificador desde el capital humano a la productividad total de los factores y que el mismo depende en forma crucial de la elasticidad del capital humano respecto del gasto en servicios educativos.

Por su parte, Ertur y Koch (2006) presentan un modelo teórico de crecimiento donde el stock tecnológico de un país se relaciona con el stock tecnológico de sus vecinos. Esto les permite plantear un modelo econométrico con correlación espacial donde utilizan como medida de capital humano el porcentaje de la población laboral con educación secundaria. Sin embargo, con este modelo encuentran evidencia de que el stock de capital humano no tiene influencia en el crecimiento económico, al menos como lo debería tener un factor productivo normal. En esta misma dirección apuntan Jamison, Jamison y Hanushek (2007), quienes determinan que incrementos en la calidad educativa generan aumentos en la tasa de crecimiento tecnológico. A su vez, estos autores no encuentran evidencia de que los años de escolaridad promedio tengan impacto alguno sobre las tasas de crecimiento económico.

Con un enfoque diferente, Lucas (1988) propone un modelo teórico en el que el stock de capital humano promedio funciona como un bien público local, generando mayores niveles de

productividad en aquellas economías con mayores niveles de educación agregada. De esta forma, la tasa de crecimiento de la economía termina dependiendo de la proporción de tiempo que dedican los agentes a formar capital humano y esta, a su vez, de la elasticidad de sustitución entre el consumo y el ocio. Bajo estas condiciones, el modelo propuesto por este autor le permite predecir que el capital humano tenderá a fluir desde las economías más pobres hacia las más ricas.

Rauch (1993), con el fin de identificar este efecto, propone incluir en la clásica ecuación de Mincer los años promedio de estudio de la población de cada localidad, y encuentra que aumentar los años promedio de estudio de la población local conlleva un aumento en la productividad agregada de un 3 por ciento. No obstante, Acemoglu y Angrist (2001), partiendo de la misma idea, pero utilizando las leyes de escolaridad obligatoria como instrumento en sus regresiones, estiman que el retorno social a la educación no difiere significativamente del privado.

#### **1.4. Educación y emprendedurismo**

Para finalizar esta revisión de la literatura, debemos mencionar que la educación no solo impacta en la productividad de los trabajadores, sino que también parece tener un efecto positivo sobre el rendimiento los emprendedores de una economía. No obstante, la relación entre educación y resultados a nivel empresarial no ha sido tan explorada como la relación entre educación y salarios.

Van der Sluis, Van Praag y Vijverberg (2005) mencionan que, desde un punto de vista teórico, el impacto que tiene la educación sobre la elección que debe tomar un individuo entre ser trabajador o emprendedor parece ser ambiguo. Esto se debe a que, por un lado, la educación podría afectar positivamente la habilidad gerencial de una persona, haciendo más probable que esta decida ser emprendedora, mientras que también le brinda mejores alternativas desde un punto de vista laboral, generando el efecto contrario.

Mediante un meta-análisis de los resultados de 94 trabajos de investigación diferentes, estos autores encuentran que la educación no tiene un efecto significativo en la decisión de un individuo de trabajar o emprender. Sin embargo, los autores estiman que los beneficios empresariales tienden a incrementarse un 6 % por año de educación del emprendedor en los países desarrollados. Por otro lado, Van der Sluis y Van Praag (2004) llevan adelante una estimación por variables instrumentales con la cual encuentran que los retornos de la educación en términos de beneficios

empresariales ronda un 14 % para Estados Unidos. Esto implica un impacto de la educación sustancialmente mayor para emprendedores en comparación con los trabajadores.

Poschke (2013) estudia la relación entre educación y probabilidad de elegir ser emprendedor tanto desde un punto de vista teórico como empírico. Este autor encuentra que los individuos con muy bajos y muy altos niveles de educación son más propensos a elegir ser emprendedores. Por un lado, esto se debe a que los agentes con pocos años de educación tienen accesos a niveles salariales muy bajos, o incluso nulos. Esto deja a estos individuos con la única alternativa de volverse emprendedores para poder subsistir. Por otro lado, dado que los retornos a la educación son más altos para emprendedores, los individuos con altos niveles educativos esperan obtener mayores niveles de ingreso siendo emprendedores. Desde un punto de vista teórico, esto lleva a considerar que la relación entre años de estudio y probabilidad de ser emprendedor tiene forma de U. Esta hipótesis es corroborada empíricamente por este autor utilizando datos de Estados Unidos.

Así como es de esperar que una población de trabajadores con mayores niveles de educación conlleve un mayor nivel de ingreso agregado per cápita, los resultados de las estimaciones microeconómicas sugieren una relación análoga para el caso de los emprendedores. En este caso, es de esperar que emprendedores con mayores niveles de capital humano tiendan a manejar gerencialmente mejor sus empresas, haciéndolas más productivas, lo que se traduce en mayores niveles de PBI per cápita. Sin embargo, la relación entre emprendedurismo y crecimiento económico parece ser más compleja. Las empresas no solo pueden ser más o menos productivas, sino que también pueden ser más o menos innovadoras, y la innovación de unas empresas puede tener un efecto derrame sobre la totalidad una economía. En esta dirección apuntan, desde un punto de vista teórico, Doepke y Zilibotti (2014), quienes proponen un modelo de crecimiento con cambio tecnológico endógeno, el cual es llevado adelante gracias a la innovación de los emprendedores. Mientras mayor sea la proporción de emprendedores en una economía, mayor será la innovación que se genere.

La relación entre crecimiento económico y emprendedurismo ha sido estudiada desde un punto de vista empírico por Boudreux y Caudill (2019), quienes usando datos del *Global Entrepreneurship Monitor*, encuentran que el emprendedurismo tiene impacto en el crecimiento económico solo de los países desarrollados. En el mismo sentido, Stam y Stel (2009) estiman que la actividad emprendedora no tiene efecto sobre el crecimiento económico en los países de ingreso bajo.

## 1.5. Propuesta de trabajo

A partir de lo expuesto en esta revisión bibliográfica, en esta tesis nos proponemos como objetivo determinar los efectos de la educación sobre el capital humano, la producción agregada y el crecimiento económico, considerando, principalmente, la transmisión de los efectos microeconómicos hacia el nivel macroeconómico. Con este fin, establecemos tres hipótesis de trabajo, las cuales son:

1. Existen externalidades agregadas a la educación que generan retornos sociales de los años de estudio de un individuo superiores a los retornos privados.
2. Tanto la cantidad de años de estudio como la calidad de los mismos impactan en el stock de capital humano agregado de una economía y este, a su vez, tiene impacto en la producción agregada.
3. La interacción entre capital humano y emprendedorismo posibilita el incremento de la productividad media de la economía, generando así crecimiento sostenido.

En base a esto, en el capítulo 2 proponemos un modelo teórico basado en la ecuación de Mincer clásica y en una función de producción de capital humano exponencial consistente con esta ecuación. De este modelo surge que los retornos agregados a la educación parecen ser mayores a los retornos individuales, lo que consideramos una externalidad positiva de la educación. Mediante un ejercicio de Contabilidad del Desarrollo, utilizando una muestra de 84 países para el periodo 1960-2010, estimamos un diferencial promedio entre los retornos privados y los retornos sociales a la educación que varía entre 1 y 2 puntos porcentuales.

En el capítulo 3 ampliamos el modelo teórico utilizado en el capítulo 2 para considerar versiones más actuales de la ecuación de Mincer. Utilizamos los resultados teóricos de este modelo para derivar cotas para el stock de capital humano agregado para 99 países entre 1960 y 2010. Con estas cotas estimamos el efecto causal del capital humano hacia el ingreso per cápita. Mediante un ejercicio numérico encontramos que el aumento en el promedio de años de estudio distribuido en forma uniforme a lo largo de la población se traduce en un crecimiento que varía entre un 2,64 % y un 2,82 %, mientras que un aumento de un año en el promedio de estudio de la población más joven genera un crecimiento del 0,28 % en el PBI per cápita para ambas cotas.

En el capítulo 4 presentamos un modelo teórico de generaciones superpuestas con elección entre trabajar y emprender, tiempo dedicado a capital humano y ahorro, el cual refleja los

principales resultados mencionados en la literatura. Con este modelo demostramos que tanto el capital humano por si solo como la actividad emprendedora por sí misma no son suficientes para explicar un crecimiento sostenido a largo plazo. La interacción entre ambos factores, el capital humano generando nuevas ideas y la actividad emprendedora llevada a cabo como consecuencia de estas, termina siendo el principal motor de crecimiento a largo plazo.

Finalmente, en el capítulo 5 presentamos las conclusiones obtenidas a lo largo de todo este trabajo junto con algunas reflexiones que se derivan de los resultados hallados.

## Capítulo 2

# Midiendo las externalidades agregadas a la educación

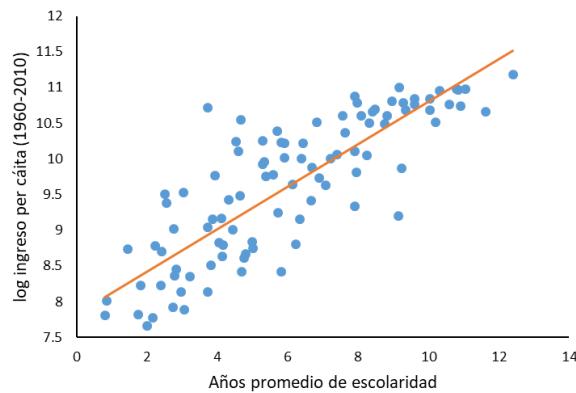
La idea que la educación genera externalidades positivas ha sido ampliamente estudiada en la literatura. Sin embargo, los hallazgos de distintos autores discrepan significativamente, principalmente en la medición de la magnitud de dichas externalidades. En este capítulo desarrollamos un modelo teórico que demuestra que los retornos agregados a la educación son mayores a los retornos individuales. Utilizando los datos de PWT 9.0, realizamos un ejercicio de Contabilidad del Desarrollo para dar cuenta que el capital humano explica entre 25 % y un 40 % de la variabilidad del PBI per cápita. Finalmente, proponemos una metodología que nos permite estimar, para cada país, el exceso del retorno agregado por sobre el privado derivado del modelo teórico.

### 2.1. Introducción

El interrogante respecto a hasta qué punto las variaciones en el stock de capital humano son capaces de explicar las diferencias en los niveles de ingreso entre países ha sido estudiado por diversos autores, pero sigue sin haber una respuesta concluyente al mismo. Un claro indicio de esta relación viene dado por la correlación estadísticamente significativa entre ingreso por trabajador y años de escolaridad promedio de la población. En la Figura 2.1 graficamos el logaritmo del ingreso por trabajador contra los años de escolaridad para una muestra de 99 países, obtenida de *Penn World Table 9.0* (PWT 9.0) y la base de datos sobre escolaridad de

Barro y Lee (2013), tomando promedios para el periodo 1960-2010. De hecho, la estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios entre el logaritmo del ingreso por trabajador y los años de escolaridad da como resultado una elasticidad de 0,297, con un error estándar de 0,0024 y un  $R^2 = 0,696$ . Un simple cálculo nos sugiere que puede haber externalidades agregadas al capital humano. Siguiendo a Soto (2009), asumiendo una especificación de tipo Cobb-Douglas para la tecnología de producción, con una participación del factor trabajo del 0,64 para esta muestra de países, podemos estimar un retorno social a la educación del 19 %. Con un retorno de Mincer a la escolaridad de 10,1 % como el reportado por Montenegro y Patrinos (2014), este cálculo implica que el retorno social excede al privado por mas de 8 puntos porcentuales.

Figura 2.1: Logaritmo del ingreso por trabajador vs. años de escolaridad



Fuente: elaboración propia en base a Barro y Lee (2013) y Feenstra *et al.* (2015)

Como mencionamos en el capítulo anterior, la relación entre capital humano y producto per cápita tiene un extenso apartado en la literatura económica. Benhabib y Spiegel (1994) estimaron esta relación mediante regresiones lineales basándose en el supuesto de una función de producción Cobb-Douglas y encontraron que el capital humano, medido a través de los años de estudio promedio de la población, es insignificante a la hora de explicar el logaritmo del producto agregado. No obstante, mediante especificaciones alternativas pudieron dar cuenta de un impacto positivo del capital humano sobre la PTF. Por su parte, Klenow y Rodríguez-Clare (1997) y Bils y Klenow (2000) usaron los retornos a la educación calculados a través de regresiones de Mincer para estimar el stock agregado capital humano y encontraron que las diferencias en la PTF tienden a ser la principal causa de variación en los niveles de ingreso per cápita entre países.

En los últimos 30 años se han producido importantes avances en torno a esta discusión, gracias a la contabilidad del desarrollo, metodología que intenta determinar el aporte del capital

humano, del capital físico y de la PTF a las diferencias en los niveles de ingreso entre países. Hsieh y Klenow (2010) encontraron que el capital humano explica entre un 10 y un 30 por ciento de las diferencias en los niveles de ingreso entre países, el capital físico permite explicar un 20 por ciento de dicha diferencia, y la PTF entre un 50 y un 70 por ciento. No obstante, estos autores señalan que la PTF puede tener un rol *indirecto* en la variación de los factores productivos, y por este motivo diversos estudios han apuntado en esta dirección. Por ejemplo, Manuelli y Seshadri (2014) computan los niveles de PTF requeridos para explicar las diferencias observadas en los niveles de producción per cápita, prestando especial atención a la estructura demográfica, incluyendo en su modelo la tasa de natalidad, la esperanza de vida y la edad de retiro. De esta forma, encuentran que la PTF no puede explicar más del 35 por ciento de las diferencias mencionadas.

La heterogeneidad y la agregación juegan un importante rol en la discusión. Muchos estudios se basan en los retornos promedio a la educación, lo que encubre importantes disparidades entre países. Por ejemplo, Soto (2009) muestra que el efecto causal de la educación sobre el ingreso per cápita es positivo y significativo para países con calidad educativa relativa alta. Sin embargo, el coeficiente de Mincer agregado, entendido con el coeficiente estimado al regresar el logaritmo del producto per cápita vs los años de estudio promedio, no es muy diferente del promedio de los retornos privados individuales. Utilizando el método generalizado de momentos, calcula, de forma implícita en base a sus regresiones, una participación para el factor trabajo del 0,54, la cual es mayor que la obtenida por el método de MCO y la utilizada típicamente en la literatura<sup>1</sup>. Esto implica que el retorno de Mincer social es similar al privado, por lo que Soto (2009) afirma que no existen externalidades al capital humano a nivel agregado.

Debemos mencionar, también, los aportes de Klenow y Rodríguez-Clare (2005), quienes han contribuido recientemente a la literatura relativa a externalidades y crecimiento económico estimando que existe un importante efecto positivo en términos de crecimiento económico derivado de la transmisión de conocimiento entre países. Específicamente, calculan que el PBI mundial sería un 94 % menor si los países no compartieran ideas entre ellos. No obstante, como la difusión de estas ideas no es un proceso libre de costos, estos autores afirman que las diferencias en inversión en conocimientos pueden explicar una porción significativa de la variación en el ingreso entre países.

De todas formas, la evidencia empírica relativa a externalidades agregadas del capital humano

---

<sup>1</sup>En base a los datos de PWT 9.0, podemos calcular una participación promedio del factor trabajo de 0,55 para la muestra utilizada de países antes mencionada.

es mixta. Por un lado, Rauch (1993), quien fue uno de los primeros autores en preocuparse por este tema, estimó que los retornos sociales a la educación excedían los privados entre 3 y 5 puntos porcentuales. Por otro, autores como Acemoglu y Angrist (2001) y Ciccone y Peri (2006) estimaron que estas externalidades, de existir, son muy cercanas a cero. Recientemente, utilizando las leyes de escolaridad obligatoria como variable instrumental, Guo, Roys y Seshadri (2018) encuentran que, para Estados Unidos, aumentar en un año el promedio de estudios de la población de un estado conlleva un incremento de los salarios individuales que varía entre el 6 y el 8 por ciento.

## 2.2. El modelo teórico

Supongamos que en una economía hay  $L > 0$  individuos que representan su fuerza laboral total. Cada agente  $i$  posee  $h_i$  unidades de capital humano que ofrece en forma inelástica en un mercado competitivo, al salario  $w$ . Esto implica que el ingreso laboral de un individuo particular viene dado por  $w_i = wh_i$ . Además, suponemos que a nivel individual se cumple la relación de Mincer entre años de estudio e ingresos, la cual viene dada por:

$$\log w_i = \delta + \rho s_i + \beta_1 x_i + \beta_2 x_i^2 + \epsilon_i, \quad (2.1)$$

donde  $s_i$ ,  $x_i$  y  $\epsilon_i$  representan respectivamente los años de escolaridad, la experiencia laboral y las características no observables que impactan en el ingreso del individuo  $i$ , y  $\delta$ ,  $\rho$ ,  $\beta_1$  y  $\beta_2$  son constantes.

Una firma representativa produce bajo retornos constantes a escala y una tecnología de producción de la forma  $Y = AK^{1-\alpha}H^\alpha$  con  $0 < \alpha < 1$ , donde  $A$  es el stock tecnológico disponible,  $K$  y  $H$  son los stocks agregados de capital físico y humano. Además, esta empresa vende en un mercado perfectamente competitivo. En términos per cápita:

$$y = Ak^{1-\alpha}h^\alpha, \quad (2.2)$$

donde  $y := \frac{Y}{L}$ ,  $k := \frac{K}{L}$  y  $h := \frac{H}{L}$ .

Asumimos que hay  $m$  grupos poblacionales de tamaño  $L_j \geq 0$ , con  $j = 1, \dots, m$ , de forma tal que  $L = \sum_{j=1}^m L_j$ . Para simplificar, suponemos que todos los agentes de cada grupo son idénticos, por lo que todos los individuos del grupo  $j$  tienen el mismo stock de capital humano,

$h_j$ . Por lo tanto, podemos escribir el stock de capital humano agregado como  $H = \sum_{j=1}^m L_j h_j$ .

De esta relación podemos deducir la siguiente ecuación:

$$h = \sum_{j=1}^m \phi_j h_j, \quad (2.3)$$

donde  $\phi_j := L_j/L$  es la participación de cada grupo en la fuerza laboral total. Debemos notar que la ecuación de Mincer es válida para cada grupo  $j$ .

El salario es determinado por las condiciones de primer orden del problema de maximización de la firma, el cual implica:

$$w = \frac{\partial y}{\partial h} = \alpha A k^{1-\alpha} h^{-(1-\alpha)}.$$

De esta condición, derivamos la siguiente relación para el salario de los individuos del grupo  $j$ :

$$\log w_j = \log w + \log h_j = \log \alpha + \log A + (1 - \alpha) \log k - (1 - \alpha) \log h + \log h_j. \quad (2.4)$$

La consistencia con la ecuación de Mincer, ecuación (2.1), implica que:

$$\log \alpha + \log A + (1 - \alpha) \log k - (1 - \alpha) \log h + \log h_j = \delta + \rho s_j + \beta_1 x_j + \beta_2 x_j^2 + \epsilon_j, \quad (2.5)$$

para cada  $j = 1, \dots, m$ . De esta forma podemos despejar el capital humano promedio de cada grupo:

$$h_j = \frac{e^{r_j}}{\alpha A} \left( \frac{h}{k} \right)^{(1-\alpha)}, \quad (2.6)$$

donde  $r_j := \delta + \rho s_j + \beta_1 x_j + \beta_2 x_j^2 + \epsilon_j$  representa el retorno privado a las inversiones en capital humano acorde con la ecuación de Mincer<sup>2</sup>. Sustituyendo (2.6) en (2.3) podemos obtener la siguiente expresión para el capital humano agregado por trabajador:

$$h = \left[ \frac{\sum_{j=1}^m \phi_j e^{r_j}}{\alpha A k^{(1-\alpha)}} \right]^{\frac{1}{\alpha}}. \quad (2.7)$$

Utilizaremos esta relación a continuación para estimar los stocks de capital humano de los países de nuestra muestra y desarrollar una metodología que nos permita medir las posibles

---

<sup>2</sup>Dado que (2.1) es una ecuación de corte transversal y (2.2) es una ecuación normalmente considerada de series de tiempo es necesario suponer que ambas son estacionarias para poder llevar a cabo un análisis empírico mediante los resultados obtenidos de (2.5). No obstante, resaltamos que este es un supuesto que suele hacerse implícitamente en la literatura al considerar funciones de capital humano promedio de la forma  $h = e^{\rho \times s}$ .

externalidades agregadas derivadas de la inversión en capital humano.

### 2.3. La distribución del capital humano

De la muestra de 99 países mencionada al principio de este trabajo, seleccionamos 84 para los cuales pudimos construir series completas para las variables estudiadas en el periodo 1960 - 2010, de acuerdo a los datos disponibles en PWT 9.0 y la base de datos de Barro y Lee (2013). Ordenamos los países por quintiles de acuerdo al producto por trabajador  $y$ , el cual promediamos a lo largo de todo el periodo de estudio. Tanto la muestra de 99 países, como la submuestra de 84 se presentan en el Apéndice A.

De PWT 9.0, para el cálculo del producto por trabajador utilizamos el PBI real por el lado del producto bajo paridad de poder adquisitivo (cgdpo) y el número de personas empleadas (emp). Las estimaciones para  $A$  y  $k$  se obtuvieron de las series de PTF (ctfp) y stock de capital (ck), respectivamente. Además, para cada país  $\alpha$  es aproximado como el promedio a lo largo de todo el período de la participación del trabajo en el PBI a precios nacionales corrientes (labsh).

Toda esta información fue combinada con los datos de escolaridad para la población entre 25-64 años de Barro y Lee (2013). Siguiendo a Bils y Klenow (2000), dividimos la población en 6 categorías educacionales,  $j \in \{NO, LP, P, LS, S, T\}$ , correspondiendo cada una a las siguientes definiciones:  $NO$  = Sin escolaridad,  $LP$  = menos que primaria completa,  $P$  = primaria completa,  $LS$  = menos que secundaria completa,  $S$  = secundaria completa, y  $T$  = algo de educación terciaria (o completa). A cada categoría le asignamos  $s_j \in \{0; 3; 6; 9; 12; 14,5\}$  años de estudio, respectivamente.

Los años promedio de estudio de cada grupo  $j$  fueron construidos en base a las participaciones en la población dadas en la base de Barro y Lee (2013). Estos autores dividen a la población de cada nivel educativo en 10 grupos etarios. A cada grupo etario en edad laboral, entre 24 y 65 años, de cada nivel educativo se le asignó como edad,  $a$ , el punto medio de su grupo. En base a esto, construimos la edad promedio de cada grupo educativo,  $a_j$ , como el promedio ponderado de las edades asignadas a cada grupo etario dentro del grupo  $j$ . Esto nos permitió aproximar los años de experiencia mediante  $x_j = a_j - s_j - 6$ . Por último, los datos relativos a retornos privados a la escolaridad fueron obtenidos de la base de datos de Caselli, Ponticelli y Rossi (2016).

En la Tabla 2.1 presentamos las medias de los datos utilizados. Podemos observar una disparidad importante de ingresos entre el quintil más elevado y el más bajo. Concretamente,

Estados Unidos genera casi 20 veces el promedio del ingreso per cápita de los países del quintil más bajo. Además, debemos notar que, si bien la participación del factor trabajo no presenta una tendencia clara entre quintiles, los países del quintil más rico presentan una participación significativamente más elevada que el resto de los países.

Tabla 2.1: Muestra de países

Quintil	$y_{US}$	$s$	$\rho$	$\alpha$
5to (mayor ingreso)	0,750	9,487	8,54	0,628
4to	0,507	7,257	7,44	0,549
3ro	0,298	5,855	11,69	0,526
2do	0,160	4,945	8,86	0,533
1ro (menor ingreso)	0,059	2,787	10,44	0,558
Promedio	0,355	6,066	9,39	0,559

Fuente: elaboración propia en base a Barro y Lee (2013), Feenstra *et al.* (2015) y Caselli *et al.* (2016)

En la Tabla 2.2 puede observarse que las diferencias en la escolaridad son muy importantes. La brecha en años de estudio ( $s$ ) entre el quintil más alto y el más bajo llega a 7 años. En el quintil más rico, solo el 2,5 % de la población no tiene escolaridad, comparado con el 59 % en el quintil más pobre. De la misma forma, la población con educación terciaria en los países del quintil más rico es un poco mayor al 17 %, mientras que en el quintil de países con menores ingresos no llega al 2 %.

Tabla 2.2: Escolaridad

Quintil	$\phi_{NO}$	$\phi_{LP}$	$\phi_P$	$\phi_{LS}$	$\phi_S$	$\phi_T$
5to (mayor ingreso)	0,025	0,104	0,250	0,171	0,274	0,176
4to	0,163	0,142	0,257	0,139	0,174	0,125
3ro	0,258	0,215	0,177	0,125	0,149	0,077
2do	0,298	0,266	0,153	0,099	0,119	0,064
1ro (menor ingreso)	0,590	0,158	0,126	0,057	0,050	0,019

Elaboración propia en base a Barro y Lee (2013)

## 2.4. Contabilidad del desarrollo

Dado que PWT 9.0 contiene estimaciones independientes para la productividad total de los factores, utilizamos los datos disponibles para estimar el stock de capital humano per cápita desde la función de producción agregada. En particular, las series son construidas despejando  $h$

de la siguiente relación derivada de la ecuación (2.2):

$$\log y_c = \log A_c + (1 - \alpha_c) \log k_c + \alpha_c \log h_c, \quad (2.8)$$

donde el subíndice  $c$  hace referencia a cada país de la muestra.

Además, construimos una medida alternativa para el capital humano por trabajador,  $\bar{h}$ , bajo el supuesto de un  $\alpha_c = 2/3$  para todos los países, un valor comúnmente utilizado en la literatura. Es probable que esto produzca una estimación exagerada de la variación del capital humano entre países. Los resultados se resumen en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3: Contabilidad del desarrollo

Quintil	Relativo a Estados Unidos				
	$y$	$A$	$k$	$h$	$\bar{h}$
5to (mayor ingreso)	0,750	0,899	0,812	0,865	0,857
4to	0,507	0,900	0,461	0,616	0,703
3ro	0,298	0,742	0,225	0,544	0,587
2do	0,160	0,600	0,115	0,502	0,460
1ro (menor ingreso)	0,059	0,397	0,037	0,405	0,344

Fuente: elaboración propia en base a PWT 9.0

Siguiendo a Bils y Klenow (2000), definimos la contribución de cada factor productivo y de la productividad total de los factores, a las variaciones en el ingreso per cápita, de la siguiente forma:

$$\Phi_A := \frac{\text{cov}(\log y, \log A)}{\text{var}(\log y)}, \quad \Phi_k := \frac{\text{cov}(\log y, (1 - \alpha) \log k)}{\text{var}(\log y)}, \quad \text{and} \quad \Phi_h := \frac{\text{cov}(\log y, \alpha \log h)}{\text{var}(\log y)}$$

De (2.8) se deduce que  $\Phi_A + \Phi_k + \Phi_h = 1$ . En la Tabla 2.4 se muestran los resultados de los cálculos realizados.

Tabla 2.4: Contribución de cada factor

Modelo	$\Phi_A$	$\Phi_k$	$\Phi_h$
$\alpha$ varia	0,348	0,262	0,390
$\alpha = 2/3$	0,348	0,400	0,252

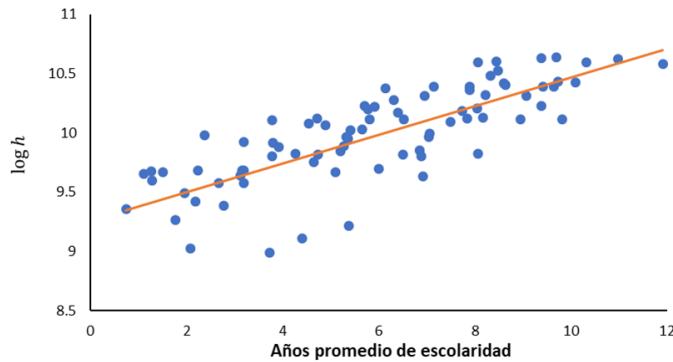
Fuente: elaboración propia en base a PWT 9.0

Podemos observar que al mantener las diferencias en la productividad de los factores constante y asumiendo  $\alpha = 2/3$  para todas las economías la contribución del capital humano se reduce considerablemente, prácticamente en un 40 por ciento.

## 2.5. Capital humano y años de escolaridad

Como se demuestra en la Figura 2.2, nuestra medida de capital humano muestra una correlación muy fuerte con los años de escolaridad de la población. Con el fin de cuantificar esta relación, estimamos los coeficientes de Mincer agregados mediante una regresión lineal para el promedio por país de  $\log h$  utilizando como regresores los años promedio de escolaridad ( $s$ ) y la experiencia laboral promedio aproximada mediante  $x = a - s - 6$ , donde  $a$  es obtenido para cada país como un promedio ponderado en el que usamos las ponderaciones calculadas en la Tabla 2.2.

Figura 2.2: Logaritmo del capital por trabajador vs. años de escolaridad



Fuente: elaboración propia en base a PWT 9.0, Barro y Lee (2013) y Caselli *et al.* (2016)

Tabla 2.5: Estimación de los coeficientes de Mincer macroeconómicos

Variables independientes	(1)	(2)	(3)
Intercepto	9,260*** (0,077)	8,525*** (0,959)	12,890*** (4,788)
Escolaridad	0,120*** (0,009)	0,133*** (0,019)	0,134*** (0,019)
Experiencia		0,022 (0,029)	-0,278 (0,337)
Experiencia al cuadrado			0,005 (0,005)
$R^2$	0,563	0,563	0,568
Cantidad de países	84	84	84

Nota: Los errores estándares se presentan entre paréntesis. \*\*\* Coeficiente significativo al 1%. \*\* Coeficiente significativo al 5%. \* Coeficiente significativo al 10%.

Elaboración propia en base a PWT 9.0, Barro y Lee (2013) y Caselli *et al.* (2016)

Presentamos los resultados de las regresiones realizadas por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios en la Tabla 2.5. En todos los casos, el coeficiente estimado para los años de

escolaridad es estadísticamente significativo al 1%. Dado que el promedio de los retornos de Mincer a nivel microeconómico para la muestra es del 9,1%, el rango estimado para el retorno a nivel macroeconómico, entre un 12% y un 13,4%, sugiere que las posibles externalidades de la escolaridad podrían rondar los 3 o 4 puntos porcentuales, lo que es acorde a varias estimaciones recientes presentes en la literatura.

La Tabla 2.5 muestra, además, que en todos los casos el coeficiente para la experiencia laboral es estadísticamente no significativo. Más aún, en el caso de incluir la experiencia al cuadrado los coeficientes estimados para estos regresores muestran signos contrarios a los esperados. Esta linealidad en la ecuación de Mincer macroeconómica es consistente con los resultados propuestos por Growiec (2010), y Growiec y Groth (2015).

Debemos insistir en que estas estimaciones solo sugieren la existencia de posibles externalidades. Esto es debido a los problemas de endogeneidad típicamente presentes en este tipo de regresiones.

## 2.6. Midiendo las externalidades agregadas del capital humano

En esta sección desarrollamos un método para medir las externalidades al capital humano basándonos en el modelo teórico presentado en la sección 2.2.

### 2.6.1. Metodología

Para simplificar, y con el fin de considerar los efectos de la agregación, asumimos que  $\beta_2 = 0$  y  $\beta := \beta_1$ . De esta forma, para valores dados de  $x_j$ , el capital humano es una función de la escolaridad,  $h_j = g_j(s_j)$ , que satisface la condición (2.5). Por lo tanto,

$$\log \alpha + \log A + (1 - \alpha) \log k - (1 - \alpha) \log \left( \sum_j \phi_j g_j(s_j) \right) + \log g_j(s_j) = \delta + \rho s_j + \beta x_j + \epsilon_j, \quad (2.9)$$

para cada  $j = 1, \dots, m$ . Derivando (2.9) implicitamente con respecto a  $s_j$ ,

$$\frac{1}{h_j} \frac{\partial h_j}{\partial s_j} - \frac{1 - \alpha}{h} \phi_j \frac{\partial h_j}{\partial s_j} = \rho,$$

$$\frac{1}{h_j} \frac{\partial h_j}{\partial s_j} - (1 - \alpha) \frac{\phi_j h_j}{h} \frac{1}{h_j} \frac{\partial h_j}{\partial s_j} = \rho.$$

De aquí podemos deducir:

$$\frac{\partial \log h_j}{\partial s_j} = \frac{\rho}{1 - (1 - \alpha)\psi_j}, \quad (2.10)$$

donde  $\psi_j := \frac{\phi_j h_j}{h}$  es la contribución de cada grupo  $j$  al capital humano agregado por trabajador.

Debemos notar que, de la ecuación (2.10) podemos aproximar cada función  $g_j$  mediante una función exponencial de la forma

$$h_j = Be^{\frac{\rho}{1-(1-\alpha)\psi_j}s_j}, \quad (2.11)$$

entonces puede considerarse a  $\tilde{\rho}_j := \frac{\rho}{1-(1-\alpha)\psi_j}$  como una medida del retorno social de la escolaridad para cada  $j \in \{NO, LP, P, LS, S, T\}$ .

## 2.6.2. Resultados

A fin de obtener una estimación para los retornos sociales a la escolaridad, podemos multiplicar por  $\phi_j$  y dividir por  $h$  ambos miembros de la ecuación (2.11) para así obtener:

$$\psi_j - \tilde{B}\phi_j e^{\frac{\rho}{1-(1-\alpha)\psi_j}s_j} = 0, \quad (2.12)$$

donde  $\tilde{B} := B/h$ . De esta forma las estimaciones dependen de los parámetros únicamente y son independientes de los datos agregados. Las condiciones implicadas por (2.12) junto con

$$\sum_j \psi_j - 1 = 0$$

forman un sistema de 7 ecuaciones con 7 incógnitas  $(\tilde{B}, \psi_{NO}, \psi_{LP}, \psi_P, \psi_{LS}, \psi_S, \psi_T)$ , el cual resolvimos de forma computacional. Los resultados de este ejercicio, en el que asumimos diferentes valores para los  $\alpha$  de cada país, se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2.6: Cálculo del retorno social (con  $\alpha$  variable)

	NO	LP	P	LS	S	T
$\psi_j$	0,269	0,176	0,192	0,117	0,153	0,092
$\tilde{\rho}_j$	11,13	10,23	10,20	9,86	10,03	9,74

Fuente: elaboración propia en base a Barro y Lee 2013

Podemos construir el retorno social a la escolaridad agregado en base a los cálculos presentados en la Tabla 2.6 de la siguiente forma:

$$\tilde{\rho} = \sum_j \psi_j \tilde{\rho}_j,$$

lo que nos lleva a un retorno promedio de 11,01 % para la muestra completa, con una desviación estándar de 4,06 puntos porcentuales. Esto implica un exceso en el retorno social sobre el privado ( $\tilde{\rho} - \rho$ ) en el orden de 1,65 puntos porcentuales, lo que interpretamos como una cota inferior para las externalidades agregadas al capital humano.

Demostramos ahora que asumir una participación del factor trabajo constante a lo largo de todos los países, práctica habitual en la literatura, conlleva una disminución en el retorno social, y consecuentemente en el impacto de las externalidades al capital humano sobre el ingreso por trabajador. Para esto, repetimos el ejercicio anterior restringiendo  $\alpha = 2/3$  para todos los países. La Tabla 2.7 resume los resultados.

Tabla 2.7: Cálculo del retorno social (con  $\alpha = 2/3$ )

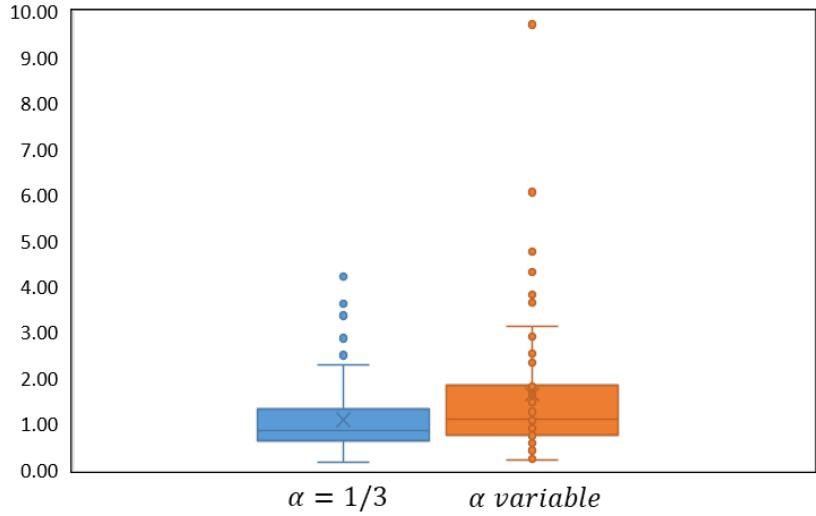
	NO	LP	P	LS	S	T
$\psi_j$	0,268	0,176	0,193	0,118	0,153	0,092
$\tilde{\rho}_j$	10,45	9,97	9,98	9,75	9,87	9,66

Fuente: elaboración propia en base a Barro y Lee 2013

En este caso, el retorno social promedio a la escolaridad disminuye a 10,46 % con una desviación estándar de 3,75 puntos porcentuales, lo que implica un exceso del retorno social por sobre el privado de 1,09 puntos porcentuales. La Figura 2.3 muestra la distribución de los excesos del retorno social por sobre el privado para los dos casos estudiados. Es importante resaltar que, con las dos especificaciones propuestas, encontramos excesos de retornos positivos para todos los países.

Para finalizar, la Tabla 2.8 muestra los retornos sociales para cada nivel de escolaridad en función del ingreso per cápita y de los años de escolaridad promedio. Como podemos observar, los países de menores ingresos obtienen un retorno social muy superior por educar a la población sin ningún tipo de escolaridad. Debemos recordar que estos países presentan casi un 60 % de su población en estas condiciones. Contrariamente, los países dentro del quintil más elevado presentan un retorno mayor para la educación terciaria.

Figura 2.3: Exceso de retorno a la escolaridad



Fuente: elaboración propia en base a Barro y Lee (2013)

Tabla 2.8: Retornos sociales vs. ingreso per cápita

Quintil	$s$	$\rho$	$\tilde{\rho}$	$\rho_{NO}$	$\rho_{LP}$	$\rho_P$	$\rho_{LS}$	$\tilde{\rho}_S$	$\tilde{\rho}_T$
5to (mayor ingreso)	9,487	8,54	9,42	8,62	8,88	9,44	9,14	9,55	9,18
4to	7,257	7,44	8,49	8,41	7,96	8,37	7,91	8,03	7,87
3ro	5,855	11,69	13,33	13,66	13,01	12,70	12,44	12,61	12,09
2do	4,945	8,86	10,51	10,65	10,25	9,51	9,26	9,36	9,12
1ro (menor ingreso)	2,787	10,44	13,45	14,47	11,21	11,11	10,71	10,73	10,58

Fuente: elaboración propia en base a PWT 9.0 y Barro y Lee (2013)

## 2.7. Conclusiones

En este capítulo hemos propuesto una metodología novedosa que permite identificar y estimar externalidades del capital humano agregado en base a un modelo con agentes heterogéneos que impone consistencia a nivel micro y macroeconómico respecto de los retornos de Mincer a la escolaridad. En promedio, encontramos que dichas externalidades están en el orden del 1,65 %. Sin embargo, los países con niveles bajos de escolaridad promedio presentan externalidades mayores en los niveles más bajos de escolaridad, alcanzando un promedio de 4 puntos porcentuales por encima del retorno privado de Mincer para el grupo poblacional sin escolaridad. Estos resultados van en línea con los encontrados, principalmente, por Guo *et al.* (2018), quienes demuestran que existe evidencia de un exceso de retorno a la educación que proviene de aumentar el promedio de años de estudio de la población de una economía. Resaltamos además que nuestros resultados son muy similares en magnitud a los presentados por Bils (2000) a pesar de utilizar una metodología diferente a la propuesta por este autor.

## **Capítulo 3**

# **Escolaridad y crecimiento económico: considerando no linealidades en la ecuación de Mincer**

Dentro de la literatura económica no existe consenso sobre el impacto que tiene la educación a nivel agregado sobre los niveles de ingreso per cápita. Diferentes metodologías han llevado a la obtención de resultados dispares. Distintos autores han propuesto diversas causas para explicar este hecho, desde errores de medición en los años de estudio de la población, hasta especificaciones incorrectas en las funciones de capital humano utilizadas. En este capítulo modificamos el modelo teórico propuesto en el capítulo anterior, con el fin de estimar el impacto que tiene aumentar los niveles de educación de la población sobre el PBI per cápita al considerar especificaciones alternativas en la ecuación de Mincer. De esta forma, podemos construir cotas para el capital humano agregado y estimar el impacto que tienen los años de escolaridad sobre el PBI per cápita.

### **3.1. Introducción**

En base a los resultados a nivel microeconómico relativos a los efectos de la educación sobre el nivel de productividad de los trabajadores, autores como Lucas (1988) y Romer (1990) introdujeron la idea de que el capital humano es uno de los principales factores que afectan al crecimiento económico. Y, bajo la concepción de que el capital humano podía ser representa-

do principalmente a través de alguna medida de educación agregada de la población, diversos autores intentaron estimar el efecto que la educación tiene sobre el nivel de producción agregada, utilizando distintas medidas basadas en los años promedio de estudio de la población. Por ejemplo, Benhabib y Spiegel (1994) introducen los años promedio de educación de la población como variable proxy del stock de capital humano. Por su parte, Pritchett (2001) define el stock de capital humano como el valor actual de la prima salarial por educación. Esto quiere decir que el capital humano de un país viene dado por  $H = Cw_0(e^{0,1s} - 1)$ , donde  $C$  es el factor de descuento,  $w_0$  es el salario de un trabajador sin educación y  $s$  son los años promedio de estudio de la población. Por otro lado, Lindhal y Krueger (2001) proponen medir el cambio porcentual en el stock de capital humano mediante la variación en los años promedio de educación.

Todos estos autores intentaron estimar el impacto de aumentar los años de educación sobre la tasa de crecimiento económico mediante regresiones lineales. En todos los casos, sin importar la forma de la función de capital humano utilizada, los resultados mostraron coeficientes no significativos para la escolaridad y, en algunos casos, con signo contrario al esperado. Por estos motivos, se comenzó a cuestionar el hecho de considerar que un año de educación adicional pueda tener el mismo impacto, en todos los países, sobre la productividad de los individuos. Y, por esta razón, propusieron modelos donde relacionaban el crecimiento económico con los años de escolaridad de la población y con la calidad de dicha escolaridad, medida a través de distintos test internacionales. En general, estos modelos suponen una relación lineal entre capital humano, años de educación y calidad educativa.

Es así como Hanushek y Woessmann (2008) y Hanushek (2013), entre otros, evidencian que los años de escolaridad de la población no afectan al crecimiento económico, mientras que la calidad de dicha escolaridad si lo hace. No obstante, Breton (2011) estima que tanto la calidad como la cantidad de escolaridad son determinantes significativos del crecimiento.

Por otro lado, Cohen y Soto (2007) consideran que la falta de significatividad en la relación entre crecimiento económico y años promedio de educación se debe, en gran medida, a errores de medición. Por este motivo, construyen una nueva base de datos, la que utilizan para estimar las mismas regresiones planteadas por Benhabib y Spiegel (1994), Pritchett (2001) y Lindhal y Krueger (2001). En todos los casos obtienen parámetros con los signos esperados y, en algunos casos, los coeficientes resultan significativos.

Bils y Klenow (2000) propusieron una medida más amplia del stock de capital humano basada en la ecuación de Mincer (1974). Concretamente, el capital humano de un individuo,  $h$ , viene

dado por  $\log(h) = c_1s + c_2x + c_3x^2$ , donde  $x = edad - 6 - s$  es una aproximación de la experiencia laboral, y  $c_1, c_2$ , y  $c_3$  son los promedios de los coeficientes de la ecuación de Mincer obtenidos por Psacharopoulos (1994). En base a esta especificación, construyen el stock de capital humano agregado de cada economía como la suma de los stocks individuales.

En este capítulo estimaremos el impacto del aumento en los años de estudio de la población en el stock de capital humano y en el crecimiento económico. Para ello, en la sección 3.2 proponemos un modelo teórico con el cual derivamos cotas para el stock de capital humano agregado de una economía. En la sección 3.3 proponemos un algoritmo que nos permite disminuir la brecha entre las cotas superior e inferior del stock de capital humano. En la sección 3.4 construimos series relativas a las cotas de capital humano de cada país. En la sección 3.5 estimamos mediante el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios Dinámicos (MCOD) la relación entre las cotas del capital humano y el nivel agregado de producción, lo que nos permite hacer cálculos de corto plazo respecto del impacto de la educación en el crecimiento económico. Finalmente, en la sección 3.6 repetimos el ejercicio econométrico agregando una medida de calidad educativa.

## 3.2. Modelo teórico

Consideremos la función de producción agregada aumentada por capital humano:

$$Y = AK^{1-\alpha}H^\alpha, \quad 0 < \alpha < 1, \tag{3.1}$$

donde  $Y$  es la producción agregada de un país,  $K$  es el stock de capital físico,  $H$  es el stock de capital humano y  $A$  es la productividad total de los factores.

A partir de esta función de producción, derivamos la función de capital humano de un individuo partiendo de la relación establecida por Mincer (1974), así como de sus posteriores formulaciones. Con este fin, supondremos que el stock de capital humano del individuo  $j$  está determinado por:

$$h_j := f(s_j, x_j), \tag{3.2}$$

donde  $s_j$  representa años de escolaridad y  $x_j$  experiencia laboral. Suponemos que  $f$  es continua, diferenciable, no decreciente en todos sus argumentos,  $f(0, 0) = 1$  y  $f(s_{max}, x_{max}) = h_{max}$ , donde  $s_{max}$  y  $x_{max}$  son los años de escolaridad máxima y de experiencia máxima que puede

tener una persona, respectivamente. Estos dos últimos supuesto se basan, por un lado, en la idea que todos los individuos tienen un nivel mínimo de productividad, sin importar si han estudiado o si tienen algún tipo de experiencia laboral y, por otro , en que una persona tiene una capacidad límite para acumular experiencia y educación.

En una economía con  $n$  individuos el stock de capital humano agregado viene dado por la suma de los stocks individuales, es decir,  $H = \sum_{j=1}^n h_j$ .

Bajo condiciones de competencia perfecta, a una unidad de capital humano se le paga exactamente su productividad marginal, que viene dada por  $\frac{\partial Y}{\partial H}$ . Por lo tanto, un trabajador  $j$  con  $h_j$  unidades de capital humano obtiene un ingreso equivalente a  $w_j = \frac{\partial Y}{\partial H} h_j$ . Teniendo en cuenta la función de producción agregada que hemos propuesto, el logaritmo del ingreso del trabajador  $j$  se puede escribir como:

$$\log w_j = \log \alpha + \log A + (1 - \alpha) \log K - (1 - \alpha) \log H + \log h_j. \quad (3.3)$$

Dado que el stock de capital humano agregado de la economía es la suma de los stocks individuales, podemos reescribir la ecuación anterior de la siguiente forma:

$$\log w_j = \log \alpha + \log A + (1 - \alpha) \log K - (1 - \alpha) \log \sum_{j=1}^n h_j + \log h_j. \quad (3.4)$$

Esta última igualdad implica que el efecto marginal de la escolaridad sobre el salario para el individuo  $j$  viene dado por:

$$\frac{\partial \log w_j}{\partial s_j} = -(1 - \alpha) \frac{1}{\sum_{i=1}^n h_i} \frac{\partial h_j}{\partial s_j} + \frac{\partial \log h_j}{\partial s_j}. \quad (3.5)$$

Teniendo en consideración la ecuación de Mincer (1974), así como las formulaciones más nuevas de la misma, el ingreso de un individuo se relaciona con su escolaridad y experiencia laboral de la siguiente forma:

$$\log w_j = a_0 + g(s_j) + a_1 x_j + a_2 x_j^2 + \epsilon_j, \quad (3.6)$$

donde suponemos  $g$  es una función diferenciable, no decreciente en  $s_j$  y  $g(0) = 0$ ,  $a_1$  y  $a_2$  son, respectivamente, los coeficientes de la experiencia y la experiencia al cuadrado en la ecuación de Mincer y  $\epsilon_j$  incluye todas las restantes características que impactan en el salario del individuo. La ecuación de Mincer tradicional considera a  $g$  como una función lineal, pero autores como

Belzil (2008) o Deschenes (2006) encuentran que  $g$  podría ser una función convexa en  $s$ . Estas razones nos llevan a considerar que podríamos representar a  $g$  como una función polinómica de grado 1 o 2. Además, dado que Montenegro y Patrinos (2014) encuentran que los retornos a la educación secundaria son inferiores a los de la educación primaria y terciaria, también debemos tener en cuenta la posibilidad de utilizar una función polinómica de tercer grado como especificación para  $g$ .

Ahora vamos a obtener cotas para el stock de capital humano individual. Para esto, debemos notar que en competencia perfecta, de (3.5) y (3.6) podemos derivar la siguiente expresión:

$$g'(s_j) = -(1 - \alpha) \frac{1}{\sum_{j=1}^n h_j} \frac{\partial h_j}{\partial s_j} + \frac{\partial \log h_j}{\partial s_j}. \quad (3.7)$$

Es así como de (3.7), y de los supuestos adoptados para  $f$ , deducimos que

$$\frac{\partial \log h_j}{\partial s_j} \geq g'(s_j). \quad (3.8)$$

Por otro lado, podemos reescribir (3.7) de la siguiente forma:

$$g'(s_j) = -(1 - \alpha) \frac{1}{H} \frac{\partial h_j}{\partial s_j} + \frac{1}{h_j} \frac{\partial h_j}{\partial s_j} = \frac{\partial h_j}{\partial s_j} \left( \frac{1}{h_j} - \frac{1 - \alpha}{H} \right). \quad (3.9)$$

Dado que  $H \geq h_j$  para todo  $j$ , se cumple que

$$\frac{1}{h_j} - \frac{1 - \alpha}{H} \geq \frac{1}{h_j} - \frac{1 - \alpha}{h_j} = \frac{\alpha}{h_j}. \quad (3.10)$$

De esta última relación se deduce:

$$g'(s_j) \geq \frac{\partial h_j}{\partial s_j} \frac{\alpha}{h_j} = \alpha \frac{\partial \log h_j}{\partial s_j}. \quad (3.11)$$

En resumen, de (3.8) y (3.11) tenemos que:

$$g'(s_j) \leq \frac{\partial \log h_j}{\partial s_j} \leq \frac{g'(s_j)}{\alpha}. \quad (3.12)$$

Integrando (3.12) en el intervalo  $[0, s_j]$  y teniendo en cuenta que hemos supuesto  $g(0) = 0$ :

$$g(s_j) \leq \log h_j(s_j, x_j) - \log f(0, x_j) \leq \frac{g(s_j)}{\alpha}. \quad (3.13)$$

Dado que hemos supuesto que el capital humano es no decreciente en  $x_j$ , si suponemos además

que los coeficientes  $a_1$  y  $a_2$  son tales que el individuo se retira del mercado laboral antes de sobrepasar los  $-a_1/2a_2$  años de experiencia,<sup>1</sup> podemos razonar en forma análoga para la experiencia y obtener:

$$a_1x_j + a_2x_j^2 \leq \log f(s_j, x_j) - \log f(s_j, 0) \leq \frac{a_1x_j + a_2x_j^2}{\alpha}. \quad (3.14)$$

De (3.13) podemos escribir:

$$g(s_j) + \log f(0, x_j) \leq \log f(s_j, x_j) \leq \frac{g(s_j)}{\alpha} + \log f(0, x_j). \quad (3.15)$$

Evaluando (3.14) en  $s_j = 0$ :

$$a_1x_j + a_2x_j^2 \leq \log f(0, x_j) - \log f(0, 0) \leq \frac{a_1x_j + a_2x_j^2}{\alpha}. \quad (3.16)$$

Recordando que hemos supuesto que  $f(0, 0) = 1$ :

$$a_1x_j + a_2x_j^2 \leq \log f(0, x_j) \leq \frac{a_1x_j + a_2x_j^2}{\alpha}. \quad (3.17)$$

Teniendo en cuenta esta última desigualdad y la desigualdad (3.15) podemos escribir:

$$g(s_j) + a_1x_j + a_2x_j^2 \leq \log f(s_j, x_j) \leq \frac{g(s_j) + a_1x_j + a_2x_j^2}{\alpha}. \quad (3.18)$$

De esta forma hemos obtenido una cota superior y una inferior para la relación entre años de escolaridad de un individuo y su stock de capital humano, las cuales vienen dada por:

$$e^{r_j} \leq h_j \leq e^{\frac{r_j}{\alpha}}, \quad (3.19)$$

donde  $r_j = g(s_j) + a_1x_j + a_2x_j^2$ . Consecuentemente, podemos obtener una cota superior y una cota inferior para el stock de capital humano de una economía:

$$\sum_{j=1}^n e^{r_j} \leq H \leq \sum_{j=1}^n e^{\frac{r_j}{\alpha}}. \quad (3.20)$$

### 3.3. Estimación de la cota superior

Hasta aquí hemos logrado determinar que la función individual de capital humano está acotada entre dos funciones exponenciales. Dado que hemos supuesto que  $f$  es continua y no

---

<sup>1</sup>Este supuesto es consistente con los resultados encontrados por Vera Rueda (2015) y Alejo y Funes (2021).

decreciente en  $s_j$ , si agregamos el supuesto adicional que la verdadera forma funcional de  $h_j$  puede ser aproximada mediante una función exponencial, de (3.7) podemos derivar la siguiente expresión:

$$h_j = e^{\frac{r_j}{1-(1-\alpha)\psi_j}}, \quad (3.21)$$

donde  $\psi_j$  representa la participación relativa del capital humano del individuo  $j$  en el stock agregado de capital humano, la cual consideramos fija. Debemos notar que, por construcción,  $\psi_j$  toma valores en el intervalo  $[0, 1]$  y el exponente de la expresión anterior es una función decreciente de este parámetro, por lo que los valores extremos de dicho exponente son  $r_j$  cuando  $\psi = 0$  y  $\frac{r_j}{\alpha}$  cuando  $\psi = 1$ . La expresión (3.21) demuestra que el aumento que obtiene un individuo en su productividad al aumentar sus años de educación es mayor al retorno que recibe por hacerlo, lo que entendemos como una externalidad positiva.

Como es usual en la literatura empírica, aproximamos  $x_j = edad_j - s_j - 6$ , por lo que

$$r_j = g(s_j) + a_2(edad - s_j - 6) + a_3(edad - s_j - 6)^2,$$

y reescribimos (3.21) de la siguiente forma:

$$h_j = e^{\frac{r_j}{\beta_j}}, \quad (3.22)$$

con  $\alpha \leq \beta_j \leq 1$ .

Es claro que, al considerar  $\beta_j = 1$  obtenemos la cota inferior para el stock de capital humano del individuo. Intentaremos ahora encontrar un valor para  $\beta_j$  que nos asegure encontrar una cota superior para el stock de capital humano y que disminuya el rango propuesto por la expresión (3.20).

De (3.21) y (3.22) deducimos que:

$$\beta_j = 1 - (1 - \alpha)\psi_j = 1 - (1 - \alpha)\frac{h_j}{\sum_{j=1}^n h_j}. \quad (3.23)$$

Es decir que cada  $\beta_j$  depende del verdadero valor de  $\alpha$ , de la cantidad de individuos en la economía, y del stock de capital humano de todos los individuos de la economía.

Si bien  $\beta_j$  puede ser distinto para cada individuo, si tomamos el menor valor posible para este parámetro podemos asegurar que estamos sobreestimando el verdadero valor de  $h_j$ .

Para obtener una cota superior para  $\beta$  proponemos el siguiente algoritmo:

1. Fijamos un valor para  $\alpha$  y para  $n$ .
2. Tomamos un valor inicial arbitrario para beta ( $\beta_0$ ), el cual puede ser 1.
3. Suponemos que  $n - 1$  trabajadores tienen 0 años de estudio y 0 años de experiencia, lo que implica que  $n - 1$  trabajadores tienen un capital humano igual a 1.
4. Suponemos que el  $n$ -ésimo trabajador de la economía tiene el máximo posible de años de estudio y de experiencia, 14,5 años de estudio<sup>2</sup> y 37 años de experiencia, y calculamos su stock de capital humano, considerando el promedio de los coeficientes de Mincer propuestos por Montenegro y Patrinos (2014) como retorno promedio a la escolaridad y por Bils y Klenow (2000) como retorno promedio a la experiencia. De esta forma, la combinación de los pasos 4. y 5. garantiza que el  $\psi$  de este último trabajador sea máximo.
5. Teniendo en cuenta el valor propuesto  $\beta_0$ , calculamos  $\beta_1$  de la siguiente forma:

$$\beta_1 = 1 - (1 - \alpha_{fijo}) \frac{e^{\frac{r(14,5;37)}{\beta_0}}}{(n_{fijo} - 1) + e^{\frac{r(14,5;37)}{\beta_0}}}, \quad (3.24)$$

donde  $r(14,5; 37) = g(14,5) + 0,052 \times 37 - 0,0007 \times 37^2$ .

6. Con  $\beta_1$  volvemos a iniciar el proceso y lo repetimos hasta obtener un valor fijo para  $\beta$ .

Debemos resaltar que, considerando que  $g$  es una función continua en los años de estudio, para cada  $\alpha$  y para cada  $n$  la expresión (3.24) representa una función continua definida en el intervalo  $[\alpha, 1]$  sobre si mismo, por lo que aplica el teorema del punto fijo de Brouwer.

Para  $n \geq 1000$  el algoritmo da como resultado  $\beta > 0,99$ , sin importar el  $\alpha$  dado ni la forma funcional de  $g$  empleada<sup>3</sup>. Es decir, que si interpretamos a  $n$  como el número total de trabajadores de una economía deberíamos considerar  $\beta = 1$ . Esto implica que la posible externalidad derivada en la ecuación (3.21) se pierde al considerar que cada trabajador se relaciona con todos los trabajadores restantes de la economía. No obstante, podríamos calibrar  $n$  de acuerdo a la cantidad de trabajadores con los que el individuo se relaciona realmente en su empresa. Esto quiere decir que podríamos considerar a  $n$  como la cantidad de empleados que tiene una empresa promedio. Poschke (2018) muestra que el 75 % de las firmas para una muestra de 56 países tiene

---

<sup>2</sup>El máximo de años de estudio considerado por Barro y Lee (2013).

<sup>3</sup>Se utilizaron polinomios de grado 1, 2 e incluso 3, acorde a los trabajos de Belzil (2008) y Montenegro y Patrinos (2014).

10 trabajadores o menos. Si utilizamos este dato como entrada para el algoritmo propuesto, el mismo se vuelve muy sensible al valor de  $\alpha$  utilizado y a la forma funcional empleada para  $g$ , y en todos los casos obtenemos un efecto de la educación sobre el stock de capital humano mayor al retorno privado calculado por la ecuación de Mincer<sup>4</sup>. A modo de ejemplo, con este valor de  $n$  y una forma funcional lineal para  $g$ , con un  $\alpha = 0,8$  obtenemos un  $\beta = 0,89$ , para  $\alpha = 0,5$  tenemos un  $\beta = 0,58$ , y para un  $\alpha = 0,3$  obtenemos un valor de  $\beta$  levemente superior a 0,3.

### 3.4. Construcción de las series de capital humano

Con los resultados obtenidos hasta el momento, en base a los datos sobre educación de Barro y Lee (2013) y proponiendo una forma funcional específica para  $g$  es posible calcular cotas para el stock agregado de capital humano de cada país según:

$$\sum_{j=1}^l L_j e^{r_j} \leq H \leq \sum_{j=1}^l L_j e^{\frac{r_j}{\beta}}, \quad (3.25)$$

donde ahora  $j$  representa a la  $j$ -ésima cohorte,  $L_j$  representa la cantidad de trabajadores pertenecientes a dicha cohorte y  $\beta$  es el valor final obtenido en base al algoritmo presentado en la sección anterior considerando  $n = 10$ .

De esta forma, podemos estimar el efecto que tiene la cantidad de educación de la población sobre el stock de capital humano al utilizar un método de agregación similar al de Bils y Klenow (2000). En este trabajo utilizamos los retornos actualizados por Montenegro y Patrinos (2014), quienes encuentran un retorno promedio mundial a la educación del 10 % según una muestra de 139 países. Resaltamos que estos autores encuentran que los retornos de los distintos países tienen una distribución normal muy concentrada alrededor de la media.

Es así que, con las estimaciones de Montenegro y Patrinos (2014), utilizando los datos de educación de Barro y Lee (2013) y considerando las distintas formas funcionales mencionadas para  $g$ , lineal, cuadrática y cúbica, podemos construir series de capital humano para 99 países con una periodicidad de 5 años entre 1960 y 2010.

---

<sup>4</sup>El supuesto de  $n = 10$  para cada empresa es consistente con el modelo propuesto. Para ver esto solo debemos notar que, en competencia perfecta, si cada empresa tiene  $n$  trabajadores entonces habría un total de  $N$  empresas cada una demandando la misma cantidad de capital físico y humano. De esta forma, el producto agregado vendría dado por  $Y = NY_J = NAK_J^{1-\alpha}H_J^\alpha = A(NK_J)^{1-\alpha}(NH_J)^\alpha = AK^{1-\alpha}H^\alpha$ , donde  $Y_J$ ,  $K_J$  y  $H_J$  corresponden al producto obtenido por la empresa  $J$ , y al capital físico y humano demandado por dicha empresa respectivamente. Si bien  $n$  modifica al parámetro  $\psi$ , este solo genera cambios en como valoramos el stock de capital humano individual para llevar a cabo la agregación.

Para la especificación lineal:

$$g(s_j) = a \times s_j,$$

utilizamos un  $a = 0,1$  acorde con el promedio de los retornos encontrados por Montenegro y Patrinos (2014). Para la especificación cuadrática:

$$g(s_j) = a \times s_j^2,$$

calculamos  $a$  de forma tal que el retorno promedio a lo largo de los 14,5 años de estudio fuera del 10 %, lo que implica  $a = 0,0069$ . Finalmente, para la especificación cúbica:

$$g(s_j) = a \times s_j^3 + b \times s_j^2 + c \times s_j,$$

fijamos los valores  $a$ ,  $b$  y  $c$  para que el retorno promedio a lo largo de los 14,5 años de estudio sea del 10 %, que el retorno promedio a lo largo de los 6 primeros años de estudio sea del 10,6 %, el retorno promedio de los segundos 6 años de estudio sea del 7,2 % y el retorno promedio de los últimos 2,5 años de estudio sea del 15,2 %. Para este último caso, la propuesta resulta en un sistema inconsistente sobredeterminado de 4 ecuaciones lineales con 3 incógnitas de la forma  $AX = B$ , donde  $A$  es la matriz  $4 \times 3$  de coeficientes del sistema,  $X$  es la matriz  $3 \times 1$  de incógnitas ( $a$ ,  $b$  y  $c$ ) y  $B$  es la matriz  $4 \times 1$  de términos independientes. Para este sistema buscamos la mejor aproximación a una solución, eligiendo  $X$  de forma que minimice la distancia euclídea entre  $AX$  y  $B$ .

Con el fin de explotar al máximo la información disponible, completamos las series de capital humano basadas en años de educación y las series de años promedio de estudio, con el método propuesto por Boot, Feibes y Lisman (1967). Si bien este método fue pensado originalmente para obtener las estimaciones mensuales de series con periodicidad anual o trimestral, puede ser generalizado para obtener una serie de mayor frecuencia a partir de otra serie de menor frecuencia. Cabe señalar que este método fue estudiado mediante simulaciones por Rodríguez Feijoo, Rodríguez Caro y Dávila Quintana (2001) y comparado con otros métodos comunes en la literatura de series de tiempo, como el propuesto por Denton (1971), que es una ampliación del método aquí utilizado, pero que requiere datos adicionales para su implementación. Los autores muestran que, en general, el método de Boot *et al.* es el que mejor aproxima el comportamiento real de los datos.

Esta metodología consiste en estimar el crecimiento anual de la serie de capital humano (o de años promedio de educación) en base al verdadero crecimiento que hubo en cada periodo de

5 años. Es importante resaltar que el método tiende a suavizar la serie resultante. Este hecho se vuelve muy relevante cuando la serie presenta extremos locales en el periodo a estimar. No obstante, consideramos que tanto el stock capital humano como los años promedio de educación no deberían presentar estos problemas. Esto se debe a que ambas series están muy relacionadas con la población total. Por ejemplo, para que haya extremos relativos en el periodo a estimar de los años promedio de estudio es necesario que en un periodo de 5 años haya un crecimiento importante de la población con más años de estudio seguido de una fuerte disminución de dicha población, o viceversa.

De esta forma, construimos series de capital humano y años de estudio con periodicidad anual para el periodo 1960-2010 en base a las series quinquenales disponibles relativas al mismo periodo. En el apéndice de este capítulo detallamos como se aplica el método de Boot *et al.* para este caso particular y mostramos que existe una alta correlación entre las medidas propuestas de capital humano basadas en años de estudio, tanto en los niveles como en las variaciones porcentuales de las mismas.

### 3.5. Estimación econométrica

Para lograr el objetivo propuesto en este trabajo necesitamos obtener una estimación del coeficiente  $\alpha$  de la ecuación (3.1) presentada en el modelo teórico. Para esto contamos con los datos sobre educación y retornos a la educación mencionados previamente, así como con los datos de producción, capital físico y población provenientes del trabajo de Feenstra *et al.* (2015).

La Tabla 3.1 muestra un resumen de los datos utilizados para el periodo 1960-2010, donde hemos agrupado las observaciones según las regiones propuestas por Barro y Lee (2013). Debemos resaltar que para construir la variable de PBI per cápita,<sup>5</sup> con el fin de medir únicamente la capacidad productiva de cada economía, utilizamos las variables rgdpo y emp de la base de Feenstra *et al* (2015), las cuales contienen información sobre PBI real y cantidad de trabajadores de cada país respectivamente. Además, tomamos aquellos países para los cuales fue posible construir series sin datos faltantes desde el momento de inicio y con una cantidad mínima de 30 periodos.

La Tabla 3.1 demuestra que las regiones con mayor cantidad de años de estudio y mayor capital por trabajador tienen un mayor nivel de PBI por trabajador. La última fila de la Tabla

---

<sup>5</sup>Utilizamos PBI per cápita y PBI por trabajador indistintamente, pero siempre haciendo referencia al último.

3.1 muestra la cantidad de periodos promedio de cada serie de tiempo individual. Podemos ver que tenemos un panel de datos que no está completamente balanceado.

Tabla 3.1: Resumen de las variables utilizadas

	Países	PBI per cápita	Capital per cápita	Años de estudio
Economías Avanzadas	24	51085,62	163840,70	9,31
Oriente Medio y Norte de África	10	27660,60	75372,59	5,62
Asia Oriental	9	20422,07	49626,10	6,45
América Latina	22	19311,70	39462,32	5,94
Asia Central	1	12816,66	30870,04	9,15
África Subsahariana	28	8182,27	15368,69	3,33
Asia Meridional	5	6751,17	11710,31	3,70
Periodos		47,06	47,06	51

Nota: En base a los datos de Barro y Lee, se consideraron dentro del grupo de las economías avanzadas a Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Islandia, Irlanda, Italia, Japón, Luxemburgo, Holanda, Nueva Zelanda, Noruega, Portugal, España, Suecia, Suiza, Turquía, Reino Unido y Estados Unidos.

Fuente: elaboración propia en base a Barro y Lee (2013) y PWT 9.0

Con los datos mencionados queremos estimar la siguiente relación:

$$\log y_{it} = \log A + (1 - \alpha) \log k_{it} + \alpha \log h_{it} + e_{it}, \quad (3.26)$$

donde ahora  $y_{it}$  representa el nivel de producción per cápita del país  $i$  en el momento  $t$ ,  $k_{it}$  es el stock de capital físico per cápita y  $h_{it}$  es su stock de capital humano per cápita. No obstante, dado que no conocemos la verdadera forma de la función de capital humano, la mejor opción, es estimar:

$$\log y_{it} = \log A + (1 - \alpha) \log k_{it} + \alpha \log h_{it}^* + \epsilon_{it}, \quad (3.27)$$

donde  $h^*$  es un factor del capital humano per cápita que depende solo de los años de escolaridad, el cual varía en función de la relación de Mincer considerada, y para el que podemos calcular cotas superior e inferior según la metodología propuesta en la sección anterior. El error en esta última ecuación viene dado por:

$$\epsilon_{it} = \alpha C_{it} + \tau_{it},$$

donde construimos  $C_{it} = \log h_{it}^* - \log h_{it}$ . Es decir que, estimar (3.27) implica obtener una estimación sesgada para  $\alpha$  debido al sesgo por variable omitida. No obstante, debemos tener en cuenta que  $C_{it}$  es función de los años de estudio y de la experiencia de la población, y por la forma en la que ha sido construida esta variable, se cumple que  $\partial C / \partial s_j \geq 0$  y  $\partial C / \partial x_j \geq 0$  si consideramos la cota superior, y  $\partial C / \partial s_j \leq 0$  y  $\partial C / \partial x_j \leq 0$  si consideramos la cota inferior.

Esto implica que:

$$\text{sign}(\text{Cov}(\log h^*, C)) = \text{sign}(\log h_{it}^* - \log h_{it}). \quad (3.28)$$

Por lo tanto, si  $\hat{\alpha}^*$  es el estimador obtenido de la regresión (3.27) y este estimador converge al aumentar el tamaño muestral, por el sesgo de variable omitida se cumple que:

$$\text{plim } \hat{\alpha}^* = \alpha + \frac{\text{Cov}(\log h^*, C)}{\text{Var}(\log h^*)}. \quad (3.29)$$

Por lo tanto, de (3.28) y (3.29) podemos deducir que:

$$\text{plim } \hat{\alpha}_{\max}^* \leq \alpha \leq \text{plim } \hat{\alpha}_{\min}^*, \quad (3.30)$$

donde se utiliza la cota superior para obtener  $\hat{\alpha}_{\max}^*$  y la cota inferior para obtener  $\hat{\alpha}_{\min}^*$ . En el Apéndice B mostramos mediante simulaciones de Montecarlo que el proceso de estimación propuesto en este trabajo asegura el cumplimiento de esta última relación.

Dada la naturaleza de los datos con los que trabajamos, fue necesario testear la presencia de raíz unitaria en cada serie. Para esto llevamos a cabo el test propuesto por Choi (2001), el cual es un test tipo Fisher aplicable a paneles no balanceados. Para ninguna variable pudimos rechazar la hipótesis nula de que cada individuo presenta una serie integrada. Con este resultado procedimos a calcular los test de cointegración de Pedroni (1999). Este test nos permite concluir que existe cointegración por grupos o cointegración en panel según las distintas medidas de capital humano utilizadas. En el Apéndice B se presentan resultados de los test mencionados.

Phillips y Moon (1999) demuestran que, para paneles grandes en cantidad de individuos y grandes en la dimensión temporal, la relación de largo plazo promedio entre las variables puede ser estimada consistentemente mediante el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), sin importar cuál sea la relación de cointegración entre los regresores y la variable explicada. Por otro lado, Kao y Chiang (2000) encuentran que en muestras finitas los estimadores de MCO pueden estar sesgados, mientras que el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios Dinámicos (MCOD) produce estimadores insesgados tanto para paneles homogeneamente cointegrados como para paneles heterogeneamente cointegrados.

La Tabla 3.2 muestra los resultados de las regresiones por MCO y MCOD(3,3)<sup>6</sup> utilizando como posibles medidas de capital humano los años promedio de estudio y las cotas inferiores para las distintas especificaciones propuestas para el stock de capital humano per cápita, la cual

---

<sup>6</sup>Se utilizaron 3 lags y 3 leads.

llamamos  $h_{min}^*$  y es calculada utilizando un  $\beta = 1$ . En la columna (1) se utilizó la especificación lineal para representar la ecuación de Mincer, mientras que en las columnas (2) y (3) se utilizaron las especificaciones cuadrática y cúbica, respectivamente. Además, en todos los casos se utilizaron las regiones propuestas por Barro y Lee (2013) como variables de control y, con el fin de hacer inferencia estadística, los estimadores fueron corregidos por heterocedasticidad y autocorrelación utilizando el kernel de Bartlett según la propuesta de Jin, Phillips y Sun (2006).

Tabla 3.2: Estimaciones MCO y MCOD utilizando las cotas inferiores

	(1)		(2)		(3)		(4)	
	MCO	MCOD	MCO	MCOD	MCO	MCOD	MCO	MCOD
log $k$	0,587*** (0,008)	0,596*** (0,037)	0,590*** (0,007)	0,597*** (0,035)	0,594*** (0,008)	0,601*** (0,037)	0,589*** (0,008)	0,597*** (0,037)
log $h_{min}^*$	0,396*** (0,030)	0,379*** (0,139)	0,433*** (0,026)	0,410*** (0,110)	0,492*** (0,042)	0,466** (0,202)		
Años de estudio							0,033*** (0,002)	0,032*** (0,012)
Constante	3,130***	2,730***	3,146***	2,777***	2,950***	2,559***	3,453***	3,014***
Muestra	4659	4065	4659	4065	4659	4065	4659	4065
$R^2$	0,8988	0,9013	0,8994	0,9021	0,8980	0,9010	0,8986	0,9013

Nota: Los errores estándares se presentan entre paréntesis. \*\*\* Coeficiente significativo al 1%. \*\* Coeficiente significativo al 5%. \* Coeficiente significativo al 10%.

Fuente: elaboración propia en base a Barro y Lee (2013) y PWT 9.0

En primer lugar, debemos resaltar que los estimadores MCO son un poco mayores que los estimadores MCOD, este resultado es similar al que encuentran Kao y Chiang (2000). Por otro lado, en todos los casos el coeficiente del stock de capital físico per cápita no es significativamente distinto de 0,6. Esto implica que un  $\alpha$  cercano a 0,4 es consistente con la propuesta de retornos constantes a escala a nivel agregado, lo que ocurre para la primera y segunda especificación. Cuando usamos la especificación cúbica obtenemos estimadores que suman un poco más de 1. Debemos tener en cuenta que el coeficiente estimado para los años promedio de educación debe ser dividido por 0,1 para ser comparado con el resto de las estimaciones. Por último, resaltamos que el mejor ajuste de los datos se produce cuando utilizamos la especificación cuadrática.

Utilizamos los  $\alpha$  estimados para calcular las cotas superiores del capital humano,  $h_{max}^*$ , mediante el algoritmo propuesto en la sección 3.3. De esta forma, con un  $\alpha = 0,4$  como entrada obtuvimos un  $\beta = 0,5$  para las especificaciones lineal y cúbica, y un  $\beta = 0,85$  para el caso cuadrático. La Tabla 3.3 muestra los resultados de las regresiones llevadas a cabo solo por MCOD utilizando las cotas superiores.

Los resultados de las regresiones presentadas en la Tabla 3.3 muestran que al disminuir  $\beta$

Tabla 3.3: Estimaciones MCOD utilizando las cotas superiores

	(1)	(2)	(3)
$\log k$	0,605*** (0,035)	0,598*** (0,034)	0,602*** (0,037)
$\log h_{max}^*$	0,165*** (0,060)	0,343*** (0,087)	0,188** (0,082)
Constante	2,702***	2,781***	2,570***
Muestra	4065	4065	4065
$R^2$	0,9011	0,9022	0,9009

Nota: Los errores estándares se presentan entre paréntesis. \*\*\* Coeficiente significativo al 1%. \*\* Coeficiente significativo al 5%. \* Coeficiente significativo al 10%.

Fuente: elaboración propia en base a Barro y Lee (2013) y PWT 9.0.

en una proporción determinada, el valor de  $\alpha$  estimado disminuye prácticamente en la misma proporción. Tanto para el caso lineal como en el cúbico, columnas (1) y (3), utilizamos un  $\beta$  que es un 50% menor en comparación con el utilizado en las cotas inferiores y obtuvimos reducciones en los parámetros estimados cercanas al 50%. Para la especificación cuadrática, columna (2), redujimos  $\beta$  en un 15% y obtuvimos una reducción en el estimador del 14%. Además, la calidad de ajuste prácticamente no varía entre las estimaciones utilizando las cotas inferiores y superiores.

En base a estos resultados, podemos calcular que al aumentar los años promedio de educación en un año, el PBI per cápita se incrementa entre un 3,2% y un 2,7% si consideramos la especificación lineal para la ecuación de Mincer, un 4,4% si tenemos en cuenta la especificación cuadrática y un 3,6% si consideramos la especificación cúbica. Si consideramos los años promedio de estudio como medida del capital humano, un aumento en un 1 año de los mismos lleva a un crecimiento del PBI per cápita del 3,3%.

Los cálculos anteriores suponen que el aumento en los años de estudio se distribuye uniformemente a lo largo de toda la población. Esto quiere decir que somos capaces de agregar años de estudio tanto a la población que está a punto de insertarse en la fuerza laboral como a la que está por salir de la misma por motivos de edad. En la realidad este hecho no ocurre, los años promedio aumentan a medida que se incorporan personas jóvenes con más años de estudio a la población económicamente activa. A modo de ejemplo, según los datos disponibles en la base de Barro y Lee, para aumentar repentinamente en un año el promedio de estudio de una población, es necesario mantener a los más jóvenes 5,73 años más en una institución educativa. Este incremento en los años de educación de la población más joven se traduce en un crecimiento

que varía entre un 1,92 % y un 1,39 % si consideramos la especificación lineal, mientras que para las especificaciones cuadrática y cúbica estimamos un crecimiento cercano al 4,9 %.

Finalmente, calculamos que, si logramos aumentar en un año la educación de la población más joven, obtenemos un aumento en el PBI per cápita entre un 0,31 % y 0,20 % si consideramos la especificación lineal, entre un 0,47 % y un 0,45 % para la cuadrática y entre un 0,28 % y un 0,17 % para la especificación cúbica. Al considerar los años promedio de estudio como medida de capital humano obtenemos un incremento del PBI per cápita del 0,57 %, superior al resto de las estimaciones.

### 3.6. Controlando por calidad educativa

En esta sección intentamos introducir alguna medida de calidad educativa en nuestras estimaciones. Con este fin, proponemos una función de capital humano individual que sigue siendo consistente con el modelo teórico propuesto, la cual viene dada por:

$$h_{qj} = q_j^\phi \times h_j,$$

donde  $h_{qj}$  es el stock de capital humano del individuo  $j$ ,  $q_j$  es la calidad educativa recibida por dicho individuo,  $\phi$  es un parámetro que toma un valor positivo, y  $h_j$  es la función propuesta en el modelo teórico de este trabajo, la cual depende únicamente de los años de estudio y de la experiencia del agente<sup>7</sup>.

Altinok, Angrist y Patrinos (2018) presentan una base de datos sobre calidad educativa basada en test de educación internacionales y regionales. Homogeneizando las distintas medidas construyen un panel de datos para 163 países que cubre el periodo 1965 a 2015. La base presenta datos faltantes, sin embargo, muestra que las distintas regiones tienden a agruparse por calidad educativa y no ha habido un gran cambio a lo largo del periodo estudiado.

Dados los resultados consistentes con la teoría económica mostrados en la Tabla 3.2, utilizamos la base propuesta por Altinok et al. (2018) para construir una medida más completa de capital humano utilizando las cotas para cada especificación de la ecuación de Mincer propuesta. Dado que no contamos con información desagregada relativa a calidad educativa, bajo el

---

<sup>7</sup>Trabajos como World Bank (2020) proponen una función de capital humano ampliada por calidad educativa que, en términos de este trabajo, vendría dada por  $h_{qj} = e^{g(s_j) \times q_j}$ . No obstante, la forma funcional que proponemos en este trabajo ajusta mejor los datos en las estimaciones económicas y permite diferenciar el efecto de aumentar los años de estudio de la población del de aumentar la calidad educativa de dichos años.

supuesto de que todos los individuos de un mismo país acceden a una educación de calidad igual o muy similar, consideramos el stock de capital humano promedio de un país viene dado por:

$$h_q = q^\phi \times h, \quad (3.31)$$

donde ahora  $q$  hace referencia al resultado promedio en calidad educativa obtenido por el país, según Altinok *et al.* (2018) en todo el periodo 1965-2015.

Esta especificación nos permite estimar la siguiente ecuación<sup>8</sup>:

$$\log y_{it} = \log A + \alpha\phi \log q_i + \alpha \log h_{it}^* + (1 - \alpha) \log k_{it} + \epsilon_{it}, \quad (3.32)$$

La Tabla 3.4 muestra los resultados de las nuevas regresiones estimadas por el método de MCOD utilizando como regresores las cotas inferiores. Una vez más, la columna (1) corresponde a la especificación lineal para la ecuación de Mincer, mientras que las columnas (2) y (3) corresponden a las especificaciones cuadrática y cúbica, respectivamente. Presentamos, además, los resultados obtenidos al utilizar como regresor la cota superior para el caso cuadrático en la columna (2').

Tabla 3.4: Estimaciones considerando calidad educativa

	(1)	(2)	(2')	(3)	(4)
$\log k$	0,618*** (0,036)	0,608*** (0,035)	0,607*** (0,035)	0,621*** (0,036)	0,617*** (0,036)
$\log h_{min}^*$	0,141 (0,111)	0,239** (0,096)		0,120 (0,158)	
$\log h_{max}^*$			0,216*** (0,077)		
$\log q$	0,480** (0,200)	0,479** (0,200)	0,482*** (0,199)	0,486** (0,200)	0,470** (0,200)
Años de estudio				0,013 (0,010)	
Constante	0,066* 3741	0,105 3741	0,093 3741	0,0001 3741	0,233 3741
Muestra					
$R^2$	0,9172	0,9180	0,9182	0,9175	0,9173

Nota: Los errores estándares se presentan entre paréntesis. \*\*\* Coeficiente significativo al 1%. \*\* Coeficiente significativo al 5%. \* Coeficiente significativo al 10%.

Fuente: elaboración propia en base a Barro y Lee (2013), PWT 9.0 y Altinok *et al.* (2018).

En primer lugar, debemos resaltar que, al agregar la calidad educativa, sin importar la

<sup>8</sup>También probamos una especificación lineal la calidad educativa en la ecuación de regresión, pero la calidad de ajuste en todos los casos fue inferior.

especificación utilizada para la ecuación de Mincer, se produce una disminución considerable en el criterio de información de Akaike. En segundo lugar, notamos que, al agregar una medida de calidad educativa, las medidas basadas en años de estudio dejan de ser significativas, salvo para los casos cuadráticos. Las especificaciones (2) y (2') muestran los mejores ajustes posibles, basados en el criterio de información de Akaike, y en ambos casos obtenemos una reducción importante en el parámetro estimado en relación a los resultados presentados en las Tablas 3.2 y 3.3.

Esta reducción disminuye nuestras estimaciones de crecimiento en función del aumento en los años de educación de la población para la especificación cuadrática. Así, el aumento de un año en el promedio de años de estudio distribuido en forma uniforme a lo largo de la población se traduce en un crecimiento que varía entre un 2,64 % y un 2,82 % según consideremos la cota inferior o superior, respectivamente. El aumento de 5,73 años de estudio en la población más joven produce un incremento del PBI per cápita que puede variar entre un 2,88 % y un 3 %. Finalmente, un aumento de un año en el promedio de estudio de la población más joven genera un crecimiento del 0,28 % en el PBI per cápita para ambas cotas.

Por otro lado, la estimación de la ecuación (3.32) también nos permite calcular cuánto puede crecer el PBI per cápita debido a cambios en los años de estudio y en la calidad educativa. Con este fin, estimamos el posible incremento en el PBI per cápita para cada región estudiada si aumentara sus años de estudio y su calidad educativa de forma tal de llevar ambos al mismo nivel que el promedio de las economías avanzadas. La Tabla 3.5 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 3.5: Crecimiento estimado para las distintas regiones

	Años de estudio en 2010	Calidad educativa en 2010	Crecimiento por años de estudio	Crecimiento por calidad educativa	Crecimiento por capital humano total
Asia Central	11,58	468,63	1,62 %	3,00 %	4,62 %
Asia Oriental	10,16	502,49	5,10 %	0,00 %	5,10 %
Oriente Medio y Norte de África	9,06	418,42	8,09 %	8,44 %	16,53 %
América Latina	8,69	383,97	10,09 %	12,56 %	22,65 %
Asia Meridional	6,47	307,03	14,18 %	23,30 %	37,47 %
África Subsahariana	5,63	310,06	16,47 %	22,82 %	39,30 %

Fuente: elaboración propia en base a Barro y Lee (2013) y Altinok *et al.* (2018).

La mayoría de las regiones muestra estar en condiciones inferiores tanto en calidad como cantidad de educación con respecto a las economías avanzadas. Esto implica que existen beneficios potenciales por mejorar tanto la calidad de la educación ofrecida como por invertir en mantener más tiempo a la población estudiando. No obstante, es importante tener en cuenta que estos beneficios pueden tardar el periodo de vida de una generación entera en manifestarse completamente. Dado que no contamos con datos desagregados de calidad educativa, no pode-

mos estimar lo que puede suceder en el corto plazo al mejorar la calidad de la educación. A modo de ejemplo, podemos inferir que, si América Latina aumenta su calidad educativa a los niveles de las economías avanzadas hoy, tardaría 65 años en ver los efectos completos de esta medida, pero no sabemos cómo pueden manifestarse esos efectos en el corto plazo.

### 3.7. Conclusiones

Desde un punto de vista teórico, hemos logrado derivar una cota superior y una cota inferior para la relación entre capital humano, años de estudio y experiencia laboral a nivel individual. Además, propusimos un método que nos permitió reducir la brecha entre ambas cotas, específicamente disminuyendo la cota superior. De esta forma, pudimos construir cotas inferiores para el stock de capital humano agregado basadas únicamente en los años de estudio de la población de cada país, según las distintas posibles especificaciones de la ecuación de Mincer.

Las regresiones propuestas utilizando las cotas inferiores muestran coeficientes consistentes con retornos constantes a escala. Con estos resultados, logramos construir las series correspondientes a las cotas superiores para cada especificación de la ecuación de Mincer considerada. Cuando consideramos en nuestra regresión las cotas superiores y las cotas inferiores obtenemos estimadores muy distintos. Sin embargo, la diferencia en el efecto de la educación sobre el PBI es mínima para cada especificación. Esto se debe a que los coeficientes estimados se reducen casi en la misma proporción en la que aumentamos los coeficientes de agregación.

Finalmente, incluimos una medida de calidad educativa basada en resultados de test de educación. Al incluir esta medida, los años de estudio dejan de ser un determinante significativo del PBI per cápita, salvo cuando consideramos la relación cuadrática entre el logaritmo del capital humano y los años de estudio. Esta última es la especificación que mejor ajusta los datos.

Los resultados obtenidos muestran que la mejor especificación posible, entre las estudiadas, para la ecuación de Mincer es la cuadrática. Bajo esta especificación, las regresiones realizadas muestran resultados consistentes con los hallados por Breton (2011), ya que con ellas estimamos que tanto la calidad como la cantidad de educación son determinantes importantes del crecimiento económico. No obstante, observamos que existen ciertas limitaciones en el cálculo de los efectos que puede tener invertir en capital humano debido a la falta de datos desagregados relativos a calidad educativa. Por otro lado, los problemas presentes típicamente en regresiones

que involucran series de tiempo agregadas, como posibles errores de medición no aleatorios en las variables utilizadas<sup>9</sup>, no nos permiten identificar a los coeficientes hallados con los verdaderos efectos marginales o elasticidades.

La relación derivada en este trabajo entre años de estudio y capital humano demuestra que es necesario, al menos, contar con datos desagregados tanto de cantidad de años de educación como de su calidad para calcular el stock de capital humano agregado de una economía. Al tomar variables agregadas podemos estar incurriendo en sesgos que impactan en nuestras estimaciones y, además, hace imposible cualquier cálculo de corto plazo.

---

<sup>9</sup>Por ejemplo, al utilizar PBI para medir ingreso estamos excluyendo al sector informal, el cual tiende a ser mayor en las economías con menor stock de capital humano y físico.

## Capítulo 4

# Emprendedurismo, capital humano y crecimiento económico

Hasta aquí hemos estudiado cómo la educación genera que los individuos sean más productivos, lo que tiene consecuencias importantes a nivel agregado. A través de un modelo teórico, en este capítulo, analizamos cómo influye el capital humano en la elección entre emprender y trabajar y si, en este contexto, las contribuciones que hace el capital humano a la productividad agregada son suficientes para explicar un crecimiento sostenido. Los resultados del modelo muestran que es necesario un mecanismo de interacción entre la acumulación de capital humano y la actividad emprendedora para que exista crecimiento sostenido.

### 4.1. Introducción

Muchos países en el mundo, en conjunto con organismos internacionales, tienen programas de promoción al emprendedurismo. Ejemplo de ello son el *Entrepreneurship Development Programme II* de las Naciones Unidas o el *Global Entrepreneurship Programme* de Estados Unidos que buscan promover la actividad emprendedora brindando facilidades de financiamiento, facilitando el acceso a los mercados y ofreciendo capacitaciones a pequeños emprendedores, entre otras cosas. Esto se debe, principalmente, a la creencia de que la actividad emprendedora es un factor determinante para el crecimiento económico. Esta creencia, por si sola, nos lleva a plantearnos 3 interrogantes. Primero, ¿existe alguna conexión entre el capital humano de un individuo y la elección que realiza entre ser un trabajador o un emprendedor? En segundo lu-

gar, ¿cuál es el mecanismo por el cual el emprendedorismo afecta al crecimiento económico? Y tercero, ¿es posible que la acumulación de capital humano en conjunto con la influencia de la actividad emprendedora genere algún aporte adicional al crecimiento económico?

Para responder a estas preguntas debemos, en primer lugar, entender que características hacen que los agentes económicos decidan emprender en lugar de trabajar y viceversa. Diversos autores han propuesto modelos teóricos intentando explicar esta elección. La mayoría de estos modelos se basan en la idea de que el individuo debe elegir entre obtener una renta cierta si trabaja, contra obtener una renta aleatoria si emprende. Con esta idea, Ando y Matsumura (2020) proponen un modelo teórico con agentes homogéneos que deben elegir entre trabajar y cobrar un salario, o emprender y obtener beneficios empresariales que son inciertos a priori. Dada la homogeneidad de los agentes, los autores encuentran que cada individuo elige entre una y otra actividad en forma aleatoria con una cierta probabilidad, la cual asegura que la utilidad esperada de emprender sea igual a la utilidad cierta por trabajar. A pesar de su sencillez, este modelo demuestra la necesidad que coexistan agentes emprendedores con agentes trabajadores, ya que ambos son necesarios para la actividad productiva, y determina la condición de equilibrio que se debe cumplir para que esto ocurra.

Pensando en características que diferencian a emprendedores de trabajadores, Kihlstrom y Laffont (1979) plantean un modelo estático donde los agentes deben decidir qué rol cumplir en la economía. En este modelo, los agentes presentan heterogeneidad en su nivel de aversión al riesgo. De esta forma, los autores demuestran que los individuos más aversos al riesgo tienden a elegir ser trabajadores. A su vez, Bhattacharya, Guner y Ventura (2013) proponen un modelo donde los agentes se diferencian por su habilidad gerencial al nacer, y si bien pueden invertir para aumentar dicha habilidad, los autores encuentran que existe un nivel de habilidad gerencial al nacer que divide al conjunto de trabajadores del conjunto de emprendedores. Un aspecto interesante adicional de este modelo es que los estos autores lo utilizan para evaluar el impacto económico de la inclusión de impuestos distorsivos, con lo que demuestran que las distorsiones en las elecciones individuales de los agentes generan un importante impacto en la producción agregada.

Respecto a cómo impacta la educación en la elección trabajar-emprender, Poschke (2013) plantea un modelo dinámico donde los agentes difieren únicamente en su nivel de habilidad innata. Esta habilidad les permite obtener mayores salarios, pero también les da la posibilidad de acceder a un beneficio empresarial esperado mayor. A partir de su planteo teórico, encuentra que los individuos con niveles habilidad baja, hasta un cierto nivel se vuelven emprendedores, a

partir de este nivel los agentes prefieren ser trabajadores hasta un umbral mayor de habilidad a partir del cual, nuevamente, los agentes deciden emprender. Desde un punto de vista empírico, el autor utiliza el nivel educativo de un individuo como variable proxy de su nivel de habilidad y encuentra, para Estados Unidos, que la probabilidad de ser emprendedor disminuye a medida que aumenta el nivel educativo para los niveles iniciales y que a partir de la educación media esta relación se revierte. En esta misma dirección apuntan Serio y Mahnic (2022), al proponer un modelo con agentes heterogéneos tanto en su nivel de habilidad innata como en su nivel de aversión al riesgo. De esta manera, logran obtener, de forma teórica, la forma U encontrada por Poschke. Sin embargo, al evaluar el modelo en forma empírica para América Latina, utilizando también a la educación como proxy de la habilidad innata, no encuentran una relación de U tan marcada, sino más bien la relación parece ser decreciente. Estos autores atribuyen este resultado a la menor productividad agregada que existe en los países latinoamericanos en comparación con Estados Unidos.

La posibilidad que individuos con altos niveles de educación se vuelvan emprendedores se basa en la idea que existen retornos positivos a la educación en términos de ganancias empresariales. En esta dirección apuntan Kolstad y Wiig (2015), al estimar mediante variables instrumentales estos retornos para Malawi. Más aún, como ya se mencionó previamente, Van der Sluis y Van Praag (2004) encuentran que, tanto para Estados Unidos como para Europa, los retornos a la educación para emprendedores son sustancialmente mayores que los retornos a la educación de los trabajadores. Más adelante, Van Praag, Van Witteloostuijn y Van der Sluis (2012) reafirman esta idea estimando que los retornos empresariales a la educación están entre 2 y 13 puntos porcentuales por encima de los retornos laborales. Estos autores consideran que los emprendedores más capacitados tienen la oportunidad de elegir la actividad en la cual su capital humano vaya a rendir mejor, mientras que para los asalariados esta elección depende de los dueños de la estructura organizacional en la que se encuentran trabajando.

Si la formación de capital humano impacta positivamente en el beneficio económico de los emprendedores y la actividad emprendedora fomenta el crecimiento económico, hay un nuevo mecanismo por el cual la educación y la formación de capital humano terminan contribuyendo al crecimiento. Ahora bien, ¿cuál es la vía por la cual la actividad emprendedora fomenta al crecimiento económico?

La principal respuesta que se ha dado a este problema es que la actividad emprendedora genera innovaciones, que podríamos considerar tecnológicas, que se traducen en mayor productividad. En esta dirección apuntan Doepke y Zilibotti (2014), como mencionamos previamente

en el primer capítulo. En forma consecuente con este hecho, la evidencia empírica muestra el que emprendedurismo tiene impacto positivo en los países más avanzados, países con mayores niveles de educación y mayores niveles de adopción de la tecnología existente a sus procesos productivos.

En el presente capítulo presentamos un modelo de generaciones superpuestas con elección trabajo-emprendimiento, capital humano y acumulación de capital físico. Con este modelo buscamos reflejar los principales hechos mencionados en la literatura del emprendedurismo y crecimiento económico. Mientras que los supuestos del modelo están basados en la evidencia empírica microeconómica a la cual nos hemos referido, esperamos que las conclusiones obtenidas ayuden a comprender qué aspectos de la inversión en capital humano y del emprendedurismo afectan al crecimiento económico.

## 4.2. Modelo teórico

Esta economía está formada por un continuo de familias compuestas por tres generaciones de individuos que coexisten en un mismo momento. Cada familia puede ser identificada por su nivel de habilidad,  $a \in [0, \bar{a}]$ , la cual se transmite de generación en generación. Además, la habilidad se distribuye entre las familias con función de distribución  $J$  y la composición agregada de habilidad se mantiene constante a lo largo del tiempo. Este nivel de habilidad les permite a los agentes transformar de manera más eficiente el tiempo en capital humano. En el primer período de vida, los individuos cuentan con una dotación de 1 unidad de tiempo con la cual pueden adquirir capital humano para su futuro o dedicarla al ocio. En el segundo período, estos agentes deciden entre ser emprendedores o ser trabajadores y cuánto ahorrar ( $s$ ) para su tercer y último período de vida.

El problema de los agentes de la generación  $t$  viene dado por:

$$\begin{aligned} & \text{Max } E[u_1(l_t^t) + \beta u_2(c_{t+1}^t) + \beta^2 u_2(c_{t+2}^t) \mid h_{t+1}^t] \\ & \text{s.a.: } s_{t+1}^t + c_{t+1}^t \leq I_{t+1} \\ & \quad c_{t+2}^t \leq s_{t+1}^t R_{t+2} \\ & \quad h_{t+1}^t = f(a, x_t^t) \\ & \quad l_t^t + x_t^t \leq 1 \\ & \quad l_t^t, x_t^t, c_{t+1}^t, c_{t+2}^t, s_{t+1}^t \geq 0, \end{aligned}$$

donde  $\beta \in (0, 1)$  es el factor de descuento,  $c_{t+1}^t$  y  $c_{t+2}^t$  representan el consumo de la generación  $t$  en los periodos  $t + 1$  y  $t + 2$  respectivamente,  $s_{t+1}^t$  es el ahorro de la generación  $t$  en el momento  $t + 1$  y  $R_{t+2}$  es la tasa de interés en el momento  $t + 2$ .  $l_t^t$  y  $x_t^t$  representan el tiempo dedicado al ocio y a la formación de capital humano en el primer período de vida del agente.  $h_{t+1}^t$  es el stock de capital humano obtenido por el agente, el cual se vincula con  $a$  y  $x_t^t$  mediante la función  $f$ . Consideraremos que esta función es estrictamente creciente, dos veces diferenciable y cumple que  $f(0, x_t^t) = f(a, 0) = 0$ .

Además, si el agente decide trabajar, su ingreso en el momento  $t$  es igual al salario multiplicado por la cantidad de capital humano llevada al mercado,  $I_{t+1} = h_{t+1}^t w_t$ , y si decide emprender es igual al beneficio empresarial,  $I_{t+1} = b_{t+1}(p)$ .

Por último, las funciones de utilidad instantáneas,  $u_1$ ,  $u_2$  son estrictamente crecientes y estrictamente cóncavas en sus argumentos, dos veces diferenciables, sus derivadas son positivas en sus respectivos dominios,  $\lim_{l \rightarrow 0} u'_1(l) = \lim_{c \rightarrow 0} u'_2(c) = \infty$  y  $\lim_{l \rightarrow \infty} u'_1(l) = \lim_{c \rightarrow \infty} u'_2(c) = 0$ .<sup>1</sup>

Cada empresa en esta economía requiere un dueño/gerente que utiliza todo su capital humano para manejar la empresa. Todas las empresas de la economía producen el mismo bien, el cual es utilizado como numerario, y cada empresa puede ser identificada por su nivel de productividad  $p$ . El problema de la empresa viene dado por:

$$\text{Max } b_t(p) = F(p, H_{pt}, K_{pt}) - w_t H_{pt} - R_t K_{pt} \quad \text{con } p \sim G(\cdot, h_E),$$

donde  $h_E = f(a, x_E)$  es la elección óptima de capital humano del emprendedor,  $H_{pt}$  y  $K_{pt}$  representan las demandas por capital humano total y capital físico de una empresa con productividad  $p$  en el momento  $t$ ,  $f(a, h_E)$  representa el stock de capital humano del dueño de la empresa y  $G(\cdot, h_E)$  es una función de distribución para cada valor posible de  $h_E$ , la cual tiene soporte incluido en  $R_0^+$  para todo  $h_E$ . Suponemos, además, que la distribución  $G(\cdot, h_E)$  es derivable respecto de  $h_E$ , de forma tal que mayores niveles de capital humano por parte del emprendedor implican distribuciones más favorables para la variable  $p$ . Esto quiere decir que si  $h_1 > h_2$  entonces  $G(\cdot, h_1)$  domina estocásticamente en primer orden a  $G(\cdot, h_2)$  en forma estricta. Bajo estos supuestos, la esperanza de  $p$  es siempre positiva y es una función creciente del nivel de capital humano del emprendedor. Suponemos, además, que  $p$  es desconocida hasta que el dueño de la empresa pone en marcha el emprendimiento.

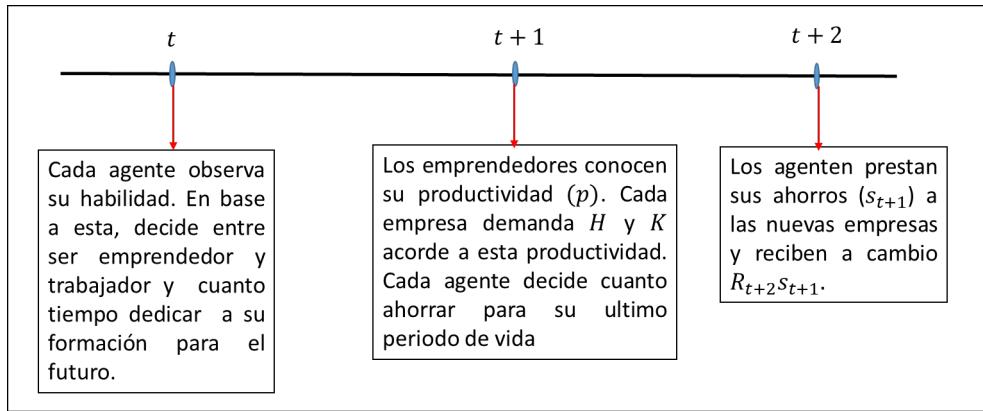
---

<sup>1</sup>La posibilidad de que  $u_1$  sea distinta de  $u_2$  tiene por finalidad considerar que el agente puede valorar de forma diferente al ocio y al consumo.

Por su parte, la función de producción del bien final,  $F$ , es estrictamente creciente en todos sus argumentos, diferenciable en el interior de su dominio, cumple con las condiciones de Inada y presenta rendimientos decrecientes a escala.

La Figura 4.1 muestra cómo se lleva a cabo el proceso de toma de decisiones de cada individuo.

Figura 4.1: Proceso de toma de decisiones de cada agente



Fuente: elaboración propia

Un equilibrio competitivo en esta economía viene dado, para cada familia, por una sucesión de tiempo dedicado al ocio y a producir capital humano  $\{l_t^t, x_t^t\}$ , una sucesión de ahorro y elecciones de consumo para cada período de vida de los individuos  $\{(c_{t+1}^t, c_{t+2}^t), s_{t+1}^t\}$ , una sucesión de conjuntos de trabajadores y emprendedores  $\{\Omega_t, \Omega'_t\}$ , sucesiones de salarios y retornos al capital  $\{w_t, R_t\}$  y una sucesión de demandas de capital físico y capital humano para cada empresa  $\{K_{pt}, H_{pt}\}$ , tales que:

- 1- Dadas las sucesiones de salarios y retornos al capital, cada agente maximiza su utilidad esperada sujeto a su restricciones presupuestarias y de tiempo disponible.
- 2- Dadas las sucesiones de salarios y retornos al capital, cada empresa maximiza sus beneficios.
- 3- En cada momento  $t$ , el consumo agregado es menor o igual al nivel de producción agregado:

$$\int_a (c_t^{t-1} + c_t^{t-2}) dJ(a) \leq \int_{a \in \Omega'_t} \int_p F(p, H_t, K_t) dG(p, f(a, x_{E,t-1}^{t-1})) dJ(a).$$

- 4- En cada momento  $t$ , se cumple que las demandas de factores productivos son iguales a las

ofertas de los mismos:

$$\int_{a \in \Omega_t} f(a, x_{t-1}^{t-1}) dJ(a) = \int_{a \in \Omega'_t} \int_p H_{pt} dG(p, f(a, x_{E,t-1}^{t-1})) dJ(a).$$

$$\int_{a \in \Omega_{t-1}} s_{T,t-1}^{t-2} dJ(a) + \int_{a \in \Omega'_{t-1}} s_{E,t-1}^{t-2} dJ(a) = \int_{a \in \Omega'_t} \int_p K_{pt} dG(p, f(a, x_{E,t-1}^{t-1})) dJ(a).$$

### 4.3. El agente trabajador

El problema del agente que decide trabajar viene dado por:

$$\begin{aligned} & \max_{l_t^t, s_{t+1}^t} u_1(l_t^t) + \beta u_2(c_{t+1}^t) + \beta^2 u_2(c_{t+2}^t) \\ \text{s.a.: } & s_{t+1}^t + c_{t+1}^t \leq w_{t+1} h_{t+1}^t \\ & c_{t+2}^t \leq s_{t+1}^t R_{t+2} \\ & h_{t+1}^t = f(a, x_t^t) \\ & l_t^t + x_t^t \leq 1 \\ & l_t^t, x_t^t, c_{t+1}^t, c_{t+2}^t, s_{t+1}^t \geq 0. \end{aligned}$$

Dadas las condiciones establecidas para las funciones de utilidad instantáneas y el supuesto que  $f(a, 0) = 0$ , podemos asegurar que las restricciones  $0 \leq l_t^t$  y  $l_t^t \leq 1$  son no operativas, con lo cual podemos reescribir el problema del agente como un problema de optimización irrestricta, de la siguiente forma:

$$\max_{x_t^t, s_{t+1}^t} u_1(1 - x_t^t) + \beta u_2(w_{t+1} f(x_t^t, a) - s_{t+1}^t) + \beta^2 u_2(s_{t+1}^t R_{t+2}).$$

Denotando a  $f_x$  como la derivada de la función  $f$  respecto de  $x_t^t$ , las condiciones de primer orden de este problema vienen dadas por:

$$u'_1(1 - x_t^t) = \beta u'_2(w_{t+1} f(x_t^t, a) - s_{t+1}^t) f_x(a, x_t^t) w_{t+1} \quad (4.1)$$

$$u'_2(w_{t+1} f(x_t^t, a) - s_{t+1}^t) = \beta u'_2(s_{t+1}^t R_{t+2}) R_{t+2}. \quad (4.2)$$

De esta forma, las elecciones de tiempo dedicado a producir capital humano y ahorro hechas por el agente que decide ser trabajador quedan implícitamente determinadas por el sistema formado por las ecuaciones (4.1) y (4.2).

Si bien los supuestos establecidos hasta ahora no nos permiten saber si los agentes aumentarán o no el tiempo dedicado a la formación de capital humano al aumentar su nivel de habilidad, es claro que si  $\frac{\partial x_t^t}{\partial a} \geq 0$  el efecto del incremento en la habilidad sobre el stock de capital humano individual será no negativo. Esto surge directamente de los supuestos considerados para la función de producción de capital humano,  $f$ . Queda preguntarnos, entonces, qué ocurre cuando  $\frac{\partial x_t^t}{\partial a} < 0$ . Teniendo en cuenta que  $f_a(a, x_t^t) + f_x(a, x_t^t) \frac{\partial x_t^t}{\partial a}$  representa el efecto que tiene el aumento en el nivel de habilidad sobre el capital humano que tendrá el individuo, podemos derivar las condiciones de primer orden del problema del trabajador respecto de  $a$  para obtener:

$$f_a(a, x_t^t) + f_x(a, x_t^t) \frac{\partial x_t^t}{\partial a} = -\frac{u_1''(1 - x_t^t) \frac{\partial x_t^t}{\partial a} + \beta^2 u_2'(c_{t+2}^t) R_{t+2} [f_{xa}(a, x_t^t) + f_{xx}(a, x_t^t) \frac{\partial x_t^t}{\partial a}]}{\beta^2 u_2''(c_{t+2}^t) R_{t+2}^2 f_x(a, x_t^t) B}, \quad (4.3)$$

donde  $B = \frac{u_2''(c_{t+1}^t) w_{t+1}}{\beta R_{t+2}^2 u_2''(c_{t+2}^t) + u_2''(c_{t+1}^t)}$ .

Por lo tanto, si  $\frac{\partial x_t^t}{\partial a} < 0$  y dado que  $B > 0$ , el efecto de la habilidad sobre el capital humano será no negativo siempre que el numerador del lado derecho de (4.3) sea no negativo. Si agregamos el supuesto adicional de que  $f_{xa} \geq 0$ , podemos asegurar que esta condición se cumple siempre que la función de producción de capital humano sea cóncava o lineal en  $x_t^t$ . En el caso que sea convexa, para que  $f_a(a, x_t^t) + f_x(a, x_t^t) \frac{\partial x_t^t}{\partial a} \geq 0$  se debe cumplir que:

$$u_1''(1 - x_t^t) \frac{\partial x_t^t}{\partial a} + \beta^2 u_2'(c_{t+2}^t) R_{t+2} \left[ f_{xa}(a, x_t^t) + f_{xx}(a, x_t^t) \frac{\partial x_t^t}{\partial a} \right] \geq 0.$$

De las condiciones de primer orden también observamos que las decisiones relativas al tiempo dedicado a formar capital humano y ahorro dependen de  $w_{t+1}$  y  $R_{t+2}$ . No obstante, no es posible determinar la dirección del impacto que estas últimas variables tendrán sobre las dos primeras. Es posible, incluso, que dicho impacto cambie de signo al ir aumentando  $w_{t+1}$  y  $R_{t+2}$ .

#### 4.4. El agente emprendedor

El problema del agente que decide emprender viene dado por:

$$\begin{aligned} & \max_{l_t^t, s_{t+1}^t} u_1(l_t^t) + \beta E[u_2(c_{t+1}^t) | h_{t+1}^t] + \beta^2 E[u_2(c_{t+2}^t) | h_{t+1}^t] \\ & \text{s.a.: } s_{t+1}^t + c_{t+1}^t \leq b_{t+1}(p) \\ & \quad c_{t+2}^t \leq s_{t+1}^t R_{t+2} \\ & \quad h_{t+1}^t = f(a, x_t^t) \\ & \quad l_t^t + x_t^t \leq 1 \\ & \quad l_t^t, x_t^t, c_{t+1}^t, c_{t+2}^t, s_{t+1}^t \geq 0. \end{aligned}$$

Dado que hemos supuesto que  $p$  es una variable aleatoria con esperanza positiva, incluso cuando  $h_{t+1}^t = 0$ , y dado los supuestos establecidos para las funciones de utilidad instantáneas, la restricción  $l_t^t \geq 0$  es no operativa, pero si lo es su contraparte  $l_t^t \leq 1$ . El resto de las restricciones se cumplen con igualdad, por lo que podemos reescribir el problema de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} & \max_{x_t^t, s_{t+1}^t} u_1(1 - x_t^t) + \beta E[u_2(b_{t+1}(p) - s_{t+1}^t) | f(a, x_t^t)] + \beta^2 E[u_2(s_{t+1}^t R_{t+2}) | f(a, x_t^t)] \\ & \text{s.a.: } x_t^t \geq 0. \end{aligned}$$

Las condiciones de primer orden de este problema son:

$$-u'_1(1 - x_t^t) + \beta \left[ \frac{\partial E[u_2(b_{t+1}(p) - s_{t+1}^t) + \beta u_2(s_{t+1}^t R_{t+2}) | f(a, x_t^t)]}{\partial f(a, x_t^t)} \right] f_x(a, x_t^t) + \lambda_t^t = 0 \quad (4.4)$$

$$u'_2(b_{t+1}(p) - s_{t+1}^t) = \beta u'_2(s_{t+1}^t R_{t+2}) R_{t+2}, \quad (4.5)$$

$$x_t^t \geq 0, \quad \lambda_t^t \geq 0, \quad x_t^t \lambda_t^t = 0, \quad (4.6)$$

donde  $\lambda_t^t$  es el multiplicador de Lagrange asociado a la única restricción activa en este problema. Una vez más, las decisiones óptimas respecto a ahorro y tiempo dedicado a formación de capital humano quedan implícitamente determinadas por el sistema formado por las ecuaciones provenientes de las condiciones de primer orden.

Si se cumple que  $\lambda_t^t > 0$ , entonces el tiempo dedicado por estos agentes a producir capital humano será igual a 0 y, consecuentemente, su capital humano será nulo. Por otro lado, si  $\lambda_t^t = 0$  los agentes si dedicaran tiempo a formar capital humano. Y podemos analizar esta decisión en

función de  $a$ , derivando la ecuación (4.4) para obtener:

$$\frac{\partial x_t^t}{\partial a} = - \frac{\frac{\partial^2 E[u(I_{t+1}(p))|f(a, x_t^t)]}{\partial f(a, x_t^t)^2} f_a(a, x_t^t) f_x(a, x_t^t)}{\frac{\partial^2 E[u(I_{t+1}(p))|f(a, x_t^t)]}{\partial f(a, x_t^t)^2} (f_x(a, x_t^t))^2 + \frac{\partial E[u(I_{t+1}(p))|f(a, x_t^t)]}{\partial f(a, x_t^t)} f_{ax}(a, x_t^t) - u''(1 - x_t^t)}, \quad (4.7)$$

donde  $u(I_{t+1})(p) = u_2(b_{a,t+1}(p) - s_{t+1}^t) + \beta u_2(s_{t+1}^t R_{t+2})$ . La ecuación (4.7) muestra que si  $E[u(I_{t+1})(p) | h_{t+1}]$  es una función convexa en  $h_{t+1}$  y  $f_{ax} \geq 0$ , entonces los individuos con mayores niveles de habilidad dedicarán menos tiempo de formar capital humano. No obstante, bajo este supuesto podemos demostrar que el efecto final de la habilidad sobre el capital humano será positivo. Esto se debe a que:

$$f_a(a, x_t^t) + f_x(a, x_t^t) \frac{\partial x_t^t}{\partial a} = \\ f_a(a, x_t^t) \left( 1 - \frac{\frac{\partial^2 E[u(I_{t+1})(p) | f(a, x_t^t)]}{\partial f(a, x_t^t)^2} (f_x(a, x_t^t))^2}{\frac{\partial^2 E[u(I_{t+1})(p) | f(a, x_t^t)]}{\partial f(a, x_t^t)^2} (f_x(a, x_t^t))^2 + \frac{\partial E[u(I_{t+1})(p) | f(a, x_t^t)]}{\partial f(a, x_t^t)} f_{ax}(a, x_t^t) - u''(1 - x_t^t)} \right).$$

Al considerar que  $E[u(I_{t+1})(p) | h_{t+1}]$  es una función convexa en  $h_{t+1}$ , en esta última ecuación todos los términos del numerador y del denominador de la fracción del segundo miembro son positivos, entonces podemos asegurar que  $f_a(a, x_t^t) + f_x(a, x_t^t) \frac{\partial x_t^t}{\partial a} > 0$ . Por otro lado, de la ecuación (4.7) se deduce que si  $\frac{\partial^2 E[u(I_{t+1})(p) | f(a, x_t^t)]}{\partial f(a, x_t^t)^2} = 0$ , entonces todos los emprendedores dedicarán el mismo tiempo a formar capital humano, y por lo tanto el capital humano de cada emprendedor dependerá únicamente de su nivel de habilidad. Finalmente, si  $E[u(I_{t+1})(p) | h_{t+1}]$  es una función cóncava en  $h_{t+1}$ , el efecto final que tendrá la habilidad capital humano individual será positivo.

Además, para que el tiempo dedicado a formar capital humano se incremente al aumentar  $a$ , se debe cumplir que:

$$\left| \frac{\partial^2 E[u(I_{t+1})(p) | f(a, x_t^t)]}{\partial f(a, x_t^t)^2} (f_x(a, x_t^t))^2 \right| < \frac{\partial E[u(I_{t+1})(p) | f(a, x_t^t)]}{\partial f(a, x_t^t)} f_{xa}(a, x_t^t) - u''(1 - x_t^t).$$

A partir de este punto, consideraremos que la función  $f$  cumple las condiciones suficientes para que mayores niveles de habilidad impliquen mayores niveles de capital humano para emprendedores.

Para finalizar, debemos resaltar que la ecuación (4.4) representa, implícitamente, un plan de contingencias para el emprendedor, que determina el ahorro óptimo en función de cual sea la productividad observada en el momento  $t + 1$ .

## 4.5. Emprender versus trabajar

Dado el conjunto de precios que enfrenta cada agente, para analizar qué decisión toma respecto de ser trabajador o emprendedor, definiremos a  $V_T$  y  $V_E$  como las funciones de utilidad indirectas de los agentes que deciden trabajar y de los agentes que deciden emprender, respectivamente. Estas funciones dependen de  $a, w_{t+1}$  y  $R_{t+2}$  y, además,  $V_E$  también depende de  $R_{t+1}$ . Ambas funciones son, por construcción, continuas en todos sus argumentos, aunque es posible que  $V_E$  sea, en un punto, no derivable respecto de  $a$ . El punto donde  $V_E$  puede no ser derivable viene determinado por  $V_E(0, w_{t+1}, R_{t+1}, R_{t+2}) = V_E(\tilde{a}, w_{t+1}, R_{t+1}, R_{t+2})$ , donde  $\tilde{a}$  es el mínimo nivel a habilidad para el cual el agente empieza a considerar dedicar parte de su dotación de tiempo a producir capital humano en el caso en el que decida ser emprendedor.

Por otro lado, bajo los supuestos establecidos,  $V_T$  es una función creciente en todos sus argumentos, mientras que  $V_E$  es no decreciente en  $a$ , decreciente en  $w_{t+1}$  y en  $R_{t+1}$ , puesto que los beneficios empresariales son decrecientes respecto de estos argumentos, y es creciente en  $R_{t+2}$ .

Ademas, bajo el supuesto de que  $f(0, x_t^t) = 0$  y de que  $E[b_t(p) | 0] > 0$ , para un individuo con nivel de habilidad nulo se cumple que:

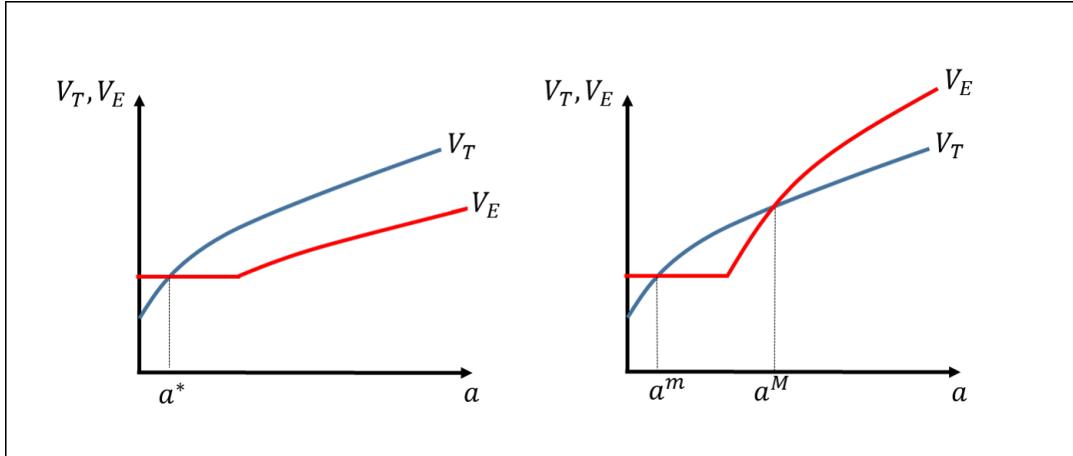
$$\begin{aligned} V_T(0, w_{t+1}, R_{t+2}) &= u_1(1) + \beta u_2(0) + \beta^2 u_2(0) \\ &< u_1(1) + \beta E[u_2(b_{t+1}(p) - s_{t+1}^t) | 0] + \beta^2 E[u_2(s_{t+1}^t R_{t+2}) | 0] \\ &= V_E(0, w_{t+1}, R_{t+1}, R_{t+2}). \end{aligned}$$

La intuición detrás de este resultado, y que justifica los supuestos establecidos que lo generan, radica en la existencia de individuos que no alcanzan un nivel mínimo de capital humano para ser contratados como mano de obra por una empresa y, por lo tanto, no tienen acceso a un salario, pero que siempre pueden llevar adelante un microemprendimiento, muchas veces a nivel familiar, que les permite subsistir.

La última relación establecida implica que para que exista un equilibrio con emprendedores y trabajadores es necesario que, al menos hasta un cierto nivel de habilidad,  $\frac{\partial V_T}{\partial a} > \frac{\partial V_E}{\partial a}$ . Y esta condición nos lleva a considerar dos posibles situaciones de equilibrio. En la primera situación,  $\frac{\partial V_T}{\partial a} > \frac{\partial V_E}{\partial a}$  se cumple para todo  $a$ . Esto lleva a que los individuos con menor capital humano sean emprendedores mientras que los individuos con posibilidad de obtener altos niveles de capital humano sean trabajadores. En la segunda situación, la relación  $\frac{\partial V_T}{\partial a} > \frac{\partial V_E}{\partial a}$  se invierte a partir

de un determinado nivel de habilidad, llevando a un equilibrio con emprendedores con bajo y alto nivel de capital humano y trabajadores con un nivel de capital humano intermedio. Ambos equilibrios son ilustrados en la Figura 4.2, donde consideramos la posibilidad de que  $V_E$  no sea derivable para todo  $a$  debido a que lo vemos como el caso más general.

Figura 4.2: Emprender versus trabajar



Emprendedores con bajo capital humano vs. emprendedores con bajo y alto capital humano.

Fuente: elaboración propia

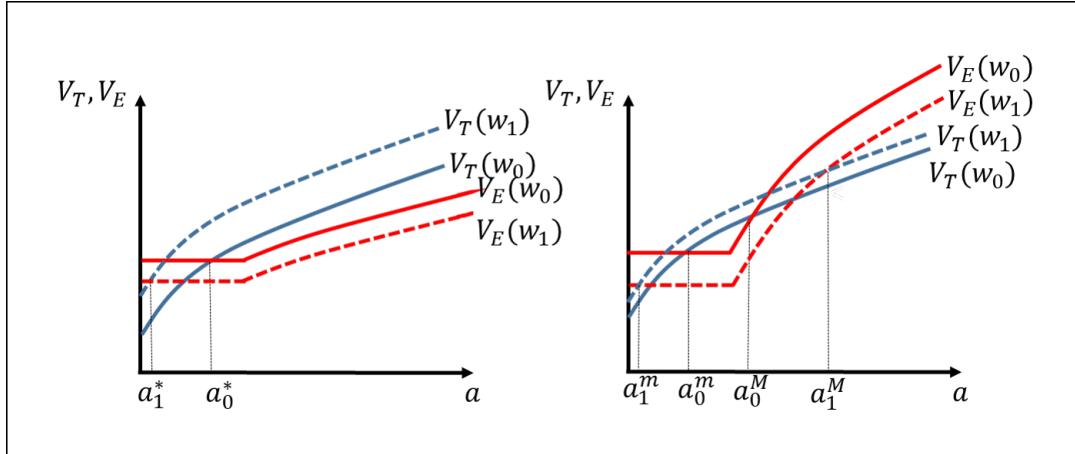
Si bien el equilibrio con emprendedores con bajo y alto nivel de capital humano es consecuente con la evidencia empírica mostrada por Poschke (2013) y Serio y Mahnic (2022), el equilibrio con emprendedores con bajo capital humano nos servirá más adelante a fines comparativos. Por otro lado, es válido preguntarnos qué condiciones se deben cumplir para que exista un equilibrio con trabajadores con bajo nivel de capital humano. Podemos lograr esto levantando el supuesto de  $f(0, x_t^t) = 0$  y considerando la posibilidad de que el individuo valore más el salario obtenido por trabajar con su nivel mínimo de capital humano que la utilidad esperada que obtendría al emprender con el mismo nivel de capital humano.

La Figura 4.2 muestra que, en el momento  $t$ , el conjunto de todos los trabajadores de la economía con trabajadores con alto nivel de habilidad,  $\Omega_t$ , es equivalente al intervalo  $[a^*, \bar{a}]$ ; mientras que en la economía con trabajadores con habilidad media, dicho conjunto viene dado por el intervalo  $[a^m, a^M]$ . Y, en ambos casos, el conjunto de individuos que eligen ser empresarios viene dado por el complemento de  $\Omega_t$  relativo al intervalo  $[0, \bar{a}]$ .

La Figura 4.3 muestra que al aumentar el salario de  $w_1$  a  $w_2$ , tanto en la economía con emprendedores con bajo capital humano como en la economía con emprendedores con bajo y

alto capital humano, la medida de individuos que decide trabajar aumenta. Esto se debe a que, a medida que el salario se incrementa, el ingreso de los trabajadores aumenta mientras que el beneficio empresarial disminuye. Consecuentemente, para ambas economías esto se traduce en un desplazamiento de la gráfica de  $V_T$  hacia arriba y un desplazamiento de la gráfica de  $V_E$  hacia abajo.

Figura 4.3: Efecto del aumento en el salario



Fuente: elaboración propia

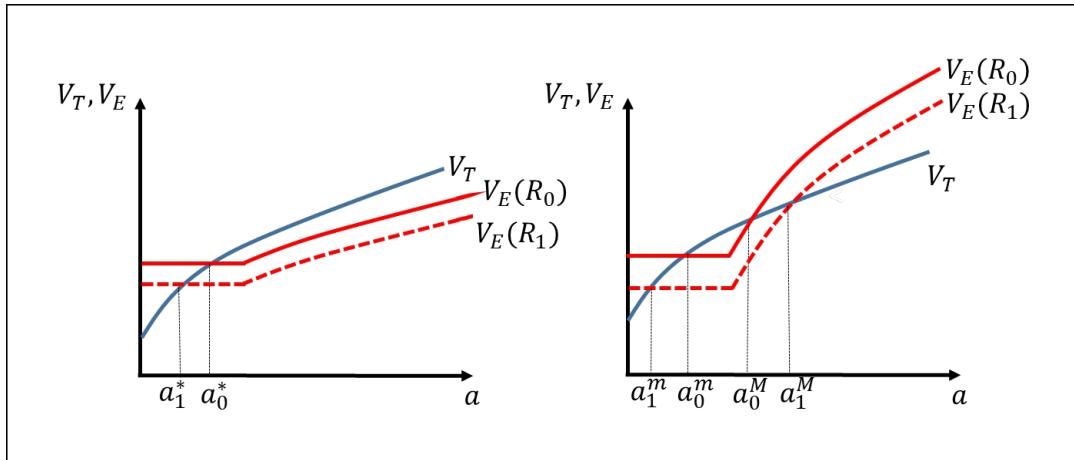
Finalmente, la Figura 4.4 muestra que al aumentar la tasa de interés del periodo  $t$  la gráfica de  $V_E$  se desplaza hacia abajo, disminuyendo la medida del conjunto de emprendedores y aumentando la del conjunto de trabajadores. Esto se debe a que, en este caso, solo los beneficios empresariales se ven afectados, claramente en forma negativa.

## 4.6. Demanda y oferta de factores productivos

Como mencionamos previamente, una vez que un individuo toma la decisión de emprender, su productividad ( $p$ ) se revela, y es entonces que dicho agente toma las decisiones óptimas relativas a la contratación de capital humano y capital físico para su empresa. De las condiciones de primer orden del problema de la empresa, las demandas por capital físico,  $K_{pt}$ , y capital humano,  $H_{pt}$ , de la empresa con productividad  $p$  en el momento  $t$  vienen dadas por:

$$K_{pt} = F_K^{-1}(p, R_t, H_{pt}),$$

Figura 4.4: Efecto del aumento en el retorno al capital físico



Fuente: elaboración propia

$$H_{pt} = F_H^{-1}(p, w_t, K_{pt}),$$

donde  $F_H^{-1}$  y  $F_K^{-1}$  son las funciones inversas de las derivadas de  $F$  respecto de  $K$  y  $H$ . Vale aclarar que los supuestos considerados para la función de producción garantizan que dichas funciones inversas existen para cada par  $(p, H)$ , en el caso de  $F_K^{-1}$ , y para cada par  $(p, K)$ , en el caso de  $F_H^{-1}$ .

Las demandas agregadas de capital físico y de capital humano no son más que las integrales de las funciones anteriores sobre el conjunto de todos los empresarios,  $\Omega'_t$ :

$$K_t^d = \int_{a \in \Omega'_t} \int_p F_K^{-1}(p, R_t, H_{pt}) dG(p, f(a, x_{E,t-1}^{t-1})) dJ(a),$$

$$H_t^d = \int_{a \in \Omega'_t} \int_p F_H^{-1}(p, w_t, K_{pt}) dG(p, f(a, x_{E,t-1}^{t-1})) dJ(a),$$

donde, acorde con la Figura 4.2, el conjunto  $\Omega'_t = [0, a_t^m] \cap [a_t^M, \bar{a}]$ <sup>2</sup>.

Dado que  $H_{pt}$  es una función decreciente en  $w_t$  y dado que hemos deducido que la medida del conjunto  $\Omega'_t$  es también decreciente en  $w_t$ , podemos asegurar que  $H_t^d$  es una función decreciente en  $w_t$ . Razonando análogamente para la demanda de capital físico, podemos decir que  $K_t^d$  es una función decreciente en  $R_t$ .

Por otro lado, las ofertas de capital físico y capital humano en el momento  $t$ , suponiendo que

<sup>2</sup>Los conjuntos  $\Omega_t$  y  $\Omega'_t$  están formados por los individuos de la generación  $t - 1$  que en el momento  $t$  deciden trabajar o emprender respectivamente.

en cada momento el capital físico se deprecia completamente, vienen dadas por:

$$K_t^s = \int_{a \in \Omega_{t-1}} s_{T,t-1}^{t-2} dJ(a) + \int_{a \in \Omega'_{t-1}} s_{E,t-1}^{t-2} dJ(a),$$

$$H_t^s = \int_{a \in \Omega_t} f(a, x_{t-1}^{t-1}) dJ(a),$$

donde  $\Omega_t$  es equivalente a  $[a_t^m, a_t^M]$ , en base a como hemos establecido el conjunto  $\Omega'_t$ .

La oferta de capital físico dependerá de  $R_t$  en el mismo sentido en el que dependen  $s_{T,t-1}^{t-2}$  y  $s_{E,t-1}^{t-2}$  de dicha variable. Al aumentar  $w_t$ , la medida de agentes que se dedicarán a trabajar será mayor, lo que tenderá a aumentar la oferta de capital humano. No obstante, podría ocurrir que cada individuo lleve al mercado una menor cantidad de capital humano. De ser este el caso, el impacto final que tendrá el salario sobre la oferta de capital humano dependerá de que efecto sea mayor.

En base a lo hasta aquí expuesto, es de esperar que exista al menos un equilibrio en el mercado de factores si las ofertas agregadas de capital humano y físico son no decrecientes cada cual en su respectivo precio. En el Apéndice C demostramos que el equilibrio en el mercado de factores implica el equilibrio en el mercado de bienes.

## 4.7. Ejemplo con funciones específicas

Consideramos ahora formas funcionales específicas para las funciones de utilidad, la función de producción de capital humano y para la función de producción de cada empresa. Esto nos permitirá estudiar la dinámica temporal de una economía como la descrita en las secciones anteriores.

Para empezar, consideremos el caso en el que  $u_1 = u_2$  son funciones logarítmicas,  $f(a, x_t^t) = ax_t^t$ , y la tecnología de producción viene dada por  $F(p, H_{pt}, K_{pt}) = pH_{pt}^\alpha K_{pt}^\theta$ , con  $\alpha, \theta > 0$  y  $\alpha + \theta < 1$ . Este supuesto implica que la función de beneficios empresariales es estrictamente cóncava y garantiza la existencia de un máximo relativo y absoluto para cada par  $(w_t, R_t)$  posible. Además, como demostramos en el Apéndice C, la especificación logarítmica para la función de utilidad instantánea implica que ninguna de las decisiones óptimas de la generación  $t$ , incluida la elección entre emprender y trabajar, dependen de  $R_{t+2}$ .

Debemos mencionar que, para el caso en que  $\alpha + \theta = 1$ , el modelo planteado no puede

ser resuelto ya que necesita de un mecanismo adicional de distribución de recursos productivos entre las empresas para poder determinar quién se vuelve emprendedor y quien trabajador. En el Apéndice C de este capítulo damos una prueba de esta afirmación.

Con la especificación propuesta, las decisiones óptimas del agente que decide trabajar respecto al ahorro ( $s_{T,t+1}^t$ ) y al tiempo dedicado a formar capital humano ( $x_{T,t}^t$ ) vienen dadas por:

$$\begin{aligned}s_{T,t+1}^t &= \frac{\beta}{1+\beta} w_{t+1} a x_t^t, \\ x_{T,t}^t &= \frac{\beta + \beta^2}{1 + \beta + \beta^2}.\end{aligned}\tag{4.8}$$

El ahorro de cada trabajador es una proporción fija de su ingreso y el tiempo dedicado a generar capital humano viene dado por una proporción fija de su tiempo disponible, la cual solo depende de  $\beta$ . Este último hecho implica que al aumentar el nivel de salario, la oferta de trabajo será mayor debido, únicamente, a que la medida del conjunto de trabajadores se incrementará.

En el caso del agente que decide emprender, su ahorro ( $s_{E,t+1}^t$ ) también será una proporción fija de su ingreso:

$$s_{E,t+1}^t = \frac{\beta}{1+\beta} b_{t+1}(p).\tag{4.9}$$

Por lo tanto, la especificación logarítmica para las funciones de utilidad, junto con la especificación propuesta para  $f$ , produce una oferta de capital humano agregada que será creciente en el salario y una oferta de ahorro agregada que no depende del retorno al capital físico. Esto quiere decir que, en esta economía, se cumple que las ofertas y demandas agregadas de factores tienen pendientes “normales”.

Para estudiar la dinámica de esta economía, basta estudiar el comportamiento del único factor de producción que es acumulable a lo largo del tiempo, el capital físico. Recordando que hemos supuesto que el stock de capital se deprecia completamente en cada período, el capital físico en el periodo  $t+1$  será equivalente a la suma de las proporciones que ahorran los trabajadores y emprendedores en el periodo  $t$ :

$$K_{t+1} = \frac{\beta}{1+\beta} \left( \int_{a \in \Omega_t} w_t a x_{T,t-1}^{t-1} dJ(a) + \int_{a \in \Omega'_t} \int_p b_t(p) dG(p, a x_{E,t-1}^{t-1}) dJ(a) \right).$$

Teniendo en cuenta como se forman los beneficios empresariales y que:

$$w_t H_t = \int_{a \in \Omega_t} w_t a x_{T,t-1}^{t-1} dJ(a) = \int_{a \in \Omega'_t} \int_p w_t H_t dG(p, a x_{E,t-1}^{t-1}) dJ(a),$$

$$R_t K_t = \int_{a \in \Omega'_t} \int_p R_t K_{pt} dG(p, a x_{E,t-1}^{t-1}) dJ(a),$$

podemos afirmar que el stock de capital en el periodo  $t + 1$  será una proporción fija de la producción total, neta del pago al capital físico del periodo  $t$

$$K_{t+1} = \frac{\beta}{1+\beta} \left( \int_{a \in \Omega'_t} \int_p p H_{pt}^\alpha K_{pt}^\theta dG(p, a x_{E,t-1}^{t-1}) dJ(a) - R_t K_t \right) \quad (4.10)$$

Ahora bien, de las condiciones de primer orden del problema de la empresa con productividad  $p$  surge que:

$$K_{pt} = \frac{[p\alpha^{1-\theta}\theta^\theta]^{\frac{1}{1-\alpha-\theta}}}{R_t^{\frac{1-\theta}{1-\alpha-\theta}} w_t^{\frac{\theta}{1-\alpha-\theta}}}, \quad H_{pt} = \frac{[p\alpha^\alpha\theta^{1-\alpha}]^{\frac{1}{1-\alpha-\theta}}}{R_t^{\frac{\alpha}{1-\alpha-\theta}} w_t^{\frac{1-\alpha}{1-\alpha-\theta}}},$$

donde debemos recordar que los conjuntos  $\Omega_t$  y  $\Omega'_t$  son dependientes de  $w_t$  y  $R_t$ . Por lo tanto, podemos obtener las demandas agregadas de factores integrando estas ecuaciones sobre el conjunto de todos los emprendedores. Esto implica que, dado un stock de capital  $K_t$ , el cual es generado por el ahorro agregado en el momento  $t - 1$  y no depende de  $R_t$ , el equilibrio en el mercado de factores, en el momento  $t$ , viene dado por el siguiente sistema de 2 ecuaciones en  $w_t$  y  $R_t$ :

$$K_t = \frac{1}{R_t^{\frac{1-\theta}{1-\alpha-\theta}} w_t^{\frac{\theta}{1-\alpha-\theta}}} \int_{a \in \Omega'_t} \int_p [p\alpha^{1-\theta}\theta^\theta]^{\frac{1}{1-\alpha-\theta}} dG(p, a x_{E,t-1}^{t-1}) dJ(a), \quad (4.11)$$

$$\int_{a \in \Omega_t} a x_{T,t-1}^{t-1} dJ(a) = \frac{1}{R_t^{\frac{\alpha}{1-\alpha-\theta}} w_t^{\frac{1-\alpha}{1-\alpha-\theta}}} \int_{a \in \Omega'_t} \int_p [p\alpha^\alpha\theta^{1-\alpha}]^{\frac{1}{1-\alpha-\theta}} dG(p, a x_{E,t-1}^{t-1}) J(a). \quad (4.12)$$

Con el fin de estudiar la dinámica de la economía en función de  $K_t$ , podemos reescribir la ecuación (4.10) de la siguiente forma:

$$K_{t+1} = \frac{\beta}{1+\beta} \left( K_t^\theta \int_{a \in \Omega'_t} \int_p p H_{pt}^\alpha \phi_t^K(p)^\theta dG(p, a x_{E,t-1}^{t-1}) dJ(a) - R_t K_t \right), \quad (4.13)$$

donde  $\phi_t^K(p) := \frac{K_{pt}}{K_t} = \frac{p^{1/(1-\alpha-\theta)}}{\int_{a \in \Omega'_t} \int_p p^{1/(1-\alpha-\theta)} dG(p, a x_{E,t-1}^{t-1}) J(a)}.$

Las ecuaciones (4.11), (4.12), y (4.13) forman un sistema de ecuaciones en diferencias de primer orden que describe completamente la dinámica de esta economía. Dado  $K_t$ , las ecuaciones (4.11) y (4.12) determinan  $w_t$  y  $R_t$  para que exista equilibrio en el mercado de factores, lo que

define a los conjuntos  $\Omega_t$  y  $\Omega'_t$ . Luego, la ecuación (4.13) determina  $K_{t+1}$ . En este sentido, podemos decir que la dinámica de la economía está gobernada por la acumulación de capital físico.

La ecuación (4.13) nos permite estudiar si esta economía presenta un estado estacionario. Para esto, definamos  $K^*$  como el stock de capital físico de estado estacionario, el cual determina los precios del capital humano y físico de estado estacionario  $w^*$  y  $R^*$ , y estos a su vez determinan los conjuntos de trabajadores y de emprendedores de estado estacionario  $\Omega^*$  y  $\Omega'^*$  y, consecuentemente, las demandas de factores de cada empresa de estado estacionario,  $H_p^*$  y  $K_p^*$ . Evaluando (4.13) en los valores de estado estacionario y reordenando:

$$\left( \frac{1+\beta}{\beta} + R^* \right) K^* = K^{*\theta} \int_{a \in \Omega'^*} \int_p p H_p^{*\alpha} \phi_t^{K^*}(p)^\theta dG(p, ax_E^*) dJ(a). \quad (4.14)$$

Podemos determinar dos soluciones para la ecuación (4.14) que determinan dos estados estacionarios distintos. La primer solución es trivial y viene dada por  $K^* = 0$ . La segunda es una solución con  $K^* > 0$  y podemos determinar que existe en base a que el lado izquierdo de la ecuación (4.14) es lineal y creciente en  $K^*$  mientras el lado derecho es creciente y cóncavo en este mismo argumento.

## 4.8. Crecimiento sostenido

El ejemplo estudiado muestra que, con función de utilidad logarítmica, el modelo propuesto se comporta bien. Esto quiere decir que las ofertas y demandas agregadas de factores presentan pendientes normales, lo que nos permite inferir la existencia de un equilibrio en el mercado de factores. A su vez, en base a los rendimientos decrecientes a escala propuestos para la función de producción podemos asegurar que existe un estado estacionario con stock de capital físico positivo para esta economía.

Para que esta economía exhiba crecimiento sostenido, diversos autores han incluido un factor productivo que no se ve afectado por las decisiones individuales de los agentes. En este sentido, cada agente toma sus decisiones tomando dicho factor como dado, pero las decisiones agregadas terminan influyendo en la evolución de dicho factor. Típicamente, la inclusión de este factor en la función de producción genera rendimientos crecientes a escala, permitiendo que los retornos al capital físico no sean decrecientes a lo largo del tiempo. Ejemplos de este tipo de factores son las externalidades al capital físico propuestas por Romer (1986), las externalidades del capital

humano propuestas por Lucas (1988) y el gasto público productivo propuesto por Barro (1990).

Para nuestro modelo, propondremos una modificación para la distribución de la productividad de cada empresa. Mientras que en un primer momento consideramos que la distribución de  $p$  dependía solo del stock de capital humano que tenía el dueño de la empresa, ahora consideraremos que la distribución de  $p$  también depende de un stock de conocimientos agregados que existe en la economía,  $O$ . Concretamente, suponemos que la esperanza de  $p$  es función de  $h \times O$ . Con esta especificación, los beneficios empresariales ya no dependen del stock de capital humano del agente, sino que el capital humano del emprendedor le da acceso al stock de conocimientos agregados de la economía, y es esta capacidad de acceder al conocimiento la que termina impactando en la distribución del nivel de productividad. Bajo esta especificación, los resultados relativos a las decisiones individuales tomadas por los agentes mostrados en las secciones anteriores no cambian.

Asumimos también que el stock de conocimientos evoluciona según la siguiente regla:

$$O_{t+1} = (1 - \delta)O_t + \gamma \left( \int_{f > h} f(a, x_{t-1}^{t-1}) dJ(a) \right) O_t, \quad (4.15)$$

donde  $0 < \delta < 1$ ,  $0 < \gamma < 1$ ,  $h$  representa un umbral mínimo de capital humano, a partir del cual, los individuos que lo superan producen nuevo conocimiento y  $f > h$  denota el conjunto de todos los valores de  $a$  para los cuales  $f$  toma valores mayores a  $h$ .

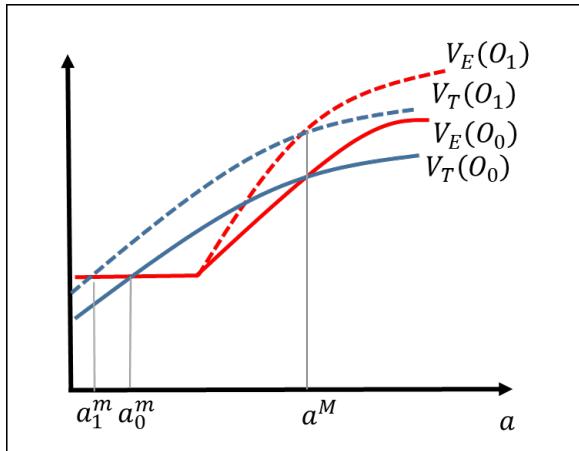
Si consideramos que  $O$  está formado por el conjunto de ideas y técnicas aplicadas a la producción, la ecuación (4.15) nos dice que en todos los períodos una proporción  $\delta$  de dichas ideas se deprecia, o más bien se dejan de aplicar, mientras que una proporción  $\gamma$  de las nuevas técnicas e ideas propuestas por los agentes con capital humano más alto son adoptadas para ser aplicadas en el próximo periodo.

Teniendo en cuenta las funciones de utilidad propuestas en la sección anterior, la dinámica de cada economía vendrá dada por un sistema formado por las ecuaciones (4.11), (4.12), (4.13) y (4.15), pero que estará gobernado por la evolución del stock de capital físico y del stock de conocimientos. Para este sistema podemos distinguir tres situaciones distintas.

Para la primera situación, pensemos en una economía con emprendedores con bajo y alto nivel de capital humano y donde se cumple que  $\gamma \left( \int_{f > h} f(a, x_{t-1}^{t-1}) dJ(a) \right) O_t > \delta O_t$  en todo momento  $t$ . Esta economía nunca alcanzará un estado estacionario, ya que, constantemente está produciendo mayores niveles de conocimiento, lo que permite que las empresas, cuyos dueños

tienen un stock de capital humano positivo, accedan a mayores niveles de productividad. Estos mayores niveles de productividad se traducen, a su vez, en mayores beneficios empresariales y mayores salarios y, consecuentemente, mayores niveles de stock de capital físico futuro. Es importante destacar que, en este caso, el crecimiento económico es dirigido por los emprendedores con alto nivel de capital humano. Los emprendedores con bajo nivel de capital humano no tienen acceso al stock de conocimientos y, por lo tanto, siempre acceden a la misma distribución de probabilidades de  $p$ . A medida que los salarios se incrementan, producto de los mayores niveles de productividad logrados por los emprendedores con alto nivel de capital humano, la medida del conjunto de emprendedores con bajo stock de capital humano disminuye. La Figura 4.5 ilustra esta situación.

Figura 4.5: Efectos del aumento en  $O$  en la distribución de los agentes



Fuente: elaboración propia

Consideremos ahora una economía con emprendedores con bajo y alto nivel de capital humano pero en la cual se llega un momento al partir del cual  $\gamma \left( \int_{f > h} f(a, x_{t-1}^{t-1}) dJ(a) \right) O_t = \delta O_t$ . En este caso, las nuevas técnicas e ideas reemplazan a las viejas sin generar cambios en las distribuciones de los beneficios. Llegado a este punto, la dinámica de la economía vendrá dada únicamente por la evolución del stock de capital físico y volverá a enfrentar un estado estacionario a partir del cual sus niveles de producción permanecerán constantes. Este tipo de situación se puede presentar si el tiempo dedicado por los agentes a producir capital humano es una función primero creciente y luego decreciente del salario o de los beneficios empresariales esperados.

Finalmente, para la tercera situación consideremos una economía solo con emprendedores con bajo stock de capital humano,  $h_E = 0$ . En este caso la economía estará estancada hasta que los agentes con mayor habilidad empiecen a valorar más el ser emprendedores que el ser

trabajadores. Si existen trabajadores con niveles lo suficientemente altos de capital humano, esto eventualmente ocurrirá, ya que la acumulación de conocimientos impacta positivamente en la distribución de la productividad que pueden obtener los emprendedores con un nivel elevado de capital humano. A partir de dicho momento, la economía empezará a crecer en forma sostenida. Sin embargo, una situación inicial con emprendedores con bajo stock de capital humano implica empresas poco productivas y salarios bajos. Es posible que los trabajadores no se vean motivados a invertir el tiempo suficiente para alcanzar el stock mínimo de capital humano necesario para producir conocimientos nuevos. De ser este el caso, la economía se mantendrá en un estado estacionario con emprendedores poco productivos.

#### 4.9. Simulación del modelo

Para concluir este capítulo presentamos una simulación del modelo con el fin de observar cómo funciona la dinámica del mismo y poder comparar diferentes escenarios.

En particular utilizamos la función de utilidad instantánea logarítmica y establecemos, de manera inicial,  $\alpha = \theta = 0,4$  como valor para los parámetros de la función de producción Cobb-Douglas. Consideramos además que la habilidad se distribuye en forma uniforme en el intervalo  $[0, 1]$  y que la variable de productividad empresarial se distribuye uniforme en el intervalo  $[ax_t + \epsilon, ax_t + 2 - \epsilon]$ , con  $\epsilon = 0,01^3$ . La gran ventaja de utilizar esta distribución radica en que nos permite, de manera muy sencilla, evaluar cambios en la productividad media sin hacer modificaciones en la varianza de la misma, y evaluar cambios en la varianza manteniendo constante la productividad media.

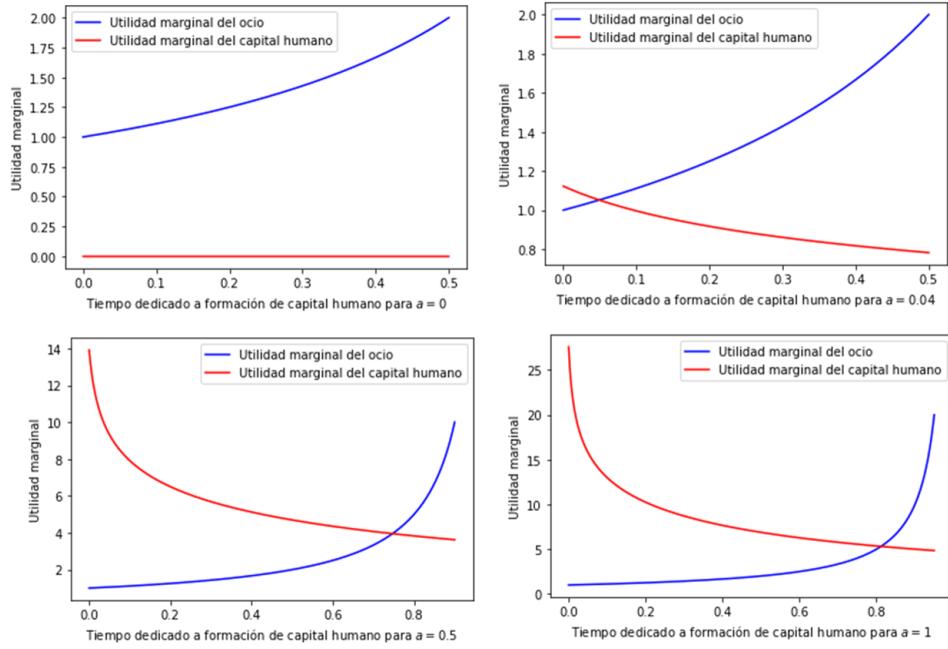
Las condiciones de primer orden establecidas al principio de la sección 4.7 nos permiten fácilmente determinar las elecciones óptimas de los trabajadores. Sin embargo, para el caso de los emprendedores, si bien es posible obtener una expresión analítica para su decisión de ahorro, no lo es para su elección de tiempo dedicado a formar capital humano.

Para analizar esta decisión, podemos computar la utilidad marginal del ocio de un emprendedor con habilidad  $a$ , primer término de la ecuación (4.3), y la utilidad marginal del tiempo dedicado a producir capital humano para el mismo agente, segundo término de la misma ecuación. La Figura 4.6 muestra estas funciones para distintos valores de  $a$  dado un par  $(w, R)$ .

---

<sup>3</sup>En este caso, la finalidad de utilizar este  $\epsilon$  fue evitar problemas con el valor 0 al utilizar la función de utilidad logarítmica.

Figura 4.6: Tiempo dedicado a formar capital humano por distintos emprendedores



Fuente: elaboración propia

Como podemos observar, la utilidad marginal del tiempo dedicado a producir capital humano es una función decreciente del tiempo dedicado a esta actividad, excepto cuando  $a = 0$ , mientras que la utilidad marginal del ocio es una función creciente de esta misma variable. Cuando el nivel de habilidad es muy bajo, la utilidad marginal del ocio es mayor a la utilidad marginal del tiempo dedicado a generar capital humano para todo  $x_t^t \in [0, 1]$ . Esto implica que existen emprendedores que no dedicaran tiempo a su formación con fines productivos. A medida que aumenta la habilidad, la utilidad marginal del tiempo dedicado a producción de capital humano se desplaza hacia arriba. Esto lleva a que, eventualmente, la decisión óptima para el emprendedor sea dedicar tiempo a su formación futura, y, como era de esperar en base a la especificación propuesta para  $f$ , mayor tiende a ser este tiempo cuanto mayor es el nivel de habilidad del emprendedor.

Las condiciones de primer orden de los trabajadores también nos permiten determinar su función de utilidad indirecta sin mayores problemas. Para el caso de los emprendedores, en base a su decisión óptima de ahorro, podemos escribir su función de utilidad indirecta de la siguiente

forma:

$$V_E(a, w_{t+1}, R_{t+1}, R_{t+2}) = \max_{x_t^t \in [0,1]} \left\{ \log(1 - x_t^t) + \int_{ax_t^t}^{ax_t^t + 2} \left( \beta \log \left( \frac{b_{t+1}(p)}{1 + \beta} \right) + \beta^2 \log \left( \frac{R_{t+2} b_{t+1}(p)}{1 + \beta} \right) \right) dp \right\},$$

donde, claramente,  $b_{t+1}(p)$  es función de  $w_{t+1}$  y  $R_{t+1}$ .

Con el fin de resolver este problema, para cada agente discretizamos la elección de  $x_t^t$  sobre el intervalo  $[0, 1]$  utilizando 100 valores equidistantes dentro de dicho intervalo, y para cada valor resolvimos la integral mediante integración de Montecarlo. Luego, simplemente utilizamos el método de búsqueda directa sobre todos los valores propuestos para  $x_t^t$  para obtener el máximo de la función.

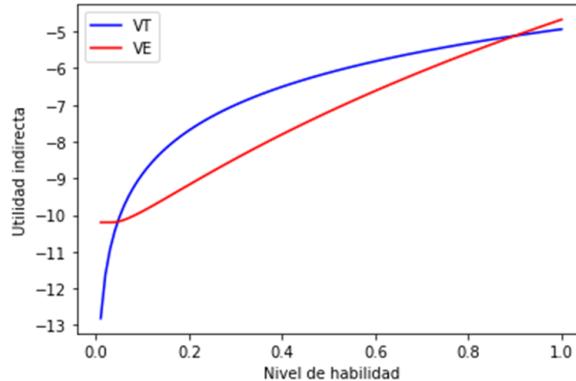
Una vez resuelto el problema de la función de utilidad indirecta de los emprendedores, la comparación entre los valores que toman las funciones de utilidad indirecta de los trabajadores y de los emprendedores dado una determinada terna  $(w_{t+1}, R_{t+1}, R_{t+2})$  nos permite establecer la elección de cada agente en función de su nivel de habilidad. Más aún, debemos recordar que la forma logarítmica especificada para la función de utilidad instantánea hace que esta elección no sea dependiente de  $R_{t+2}$ .

Dado que, bajo la especificaciones propuestas, ninguna de las decisiones tomadas por los agentes depende de  $R_{t+2}$ , podemos encontrar el estado estacionario del modelo de forma sencilla mediante el siguiente proceso:

1. Establecemos un valor  $K_1$  para el stock de capital.
2. Utilizando las funciones de utilidad indirecta, buscamos  $w_1$  y  $R_1$  tales que la demanda agregada de capital humano sea igual a la oferta agregada y que la demanda agregada de capital físico sea igual a  $K_1$ , el capital físico disponible. Para esto, construimos las funciones de exceso de demanda de capital físico y exceso de demanda de capital humano, y minimizamos la suma de los cuadrados de ambas funciones utilizando el método simplex de Nelder y Mead.
3. Una vez que encontramos el par  $(w_1, R_1)$  de equilibrio, determinamos las elecciones óptimas de cada agente y sumamos el ahorro óptimo de cada individuo. Esta suma es el capital que estará disponible en el siguiente periodo,  $K_2$ .
4. Con  $K_2$  volvemos a empezar el proceso hasta alcanzar un valor estable para  $K$ .

La Figura 4.7 muestra las funciones de utilidad indirecta de los trabajadores y de los emprendedores simuladas en estado estacionario.

Figura 4.7: Decisión de los agentes en estado estacionario



Fuente: elaboración propia

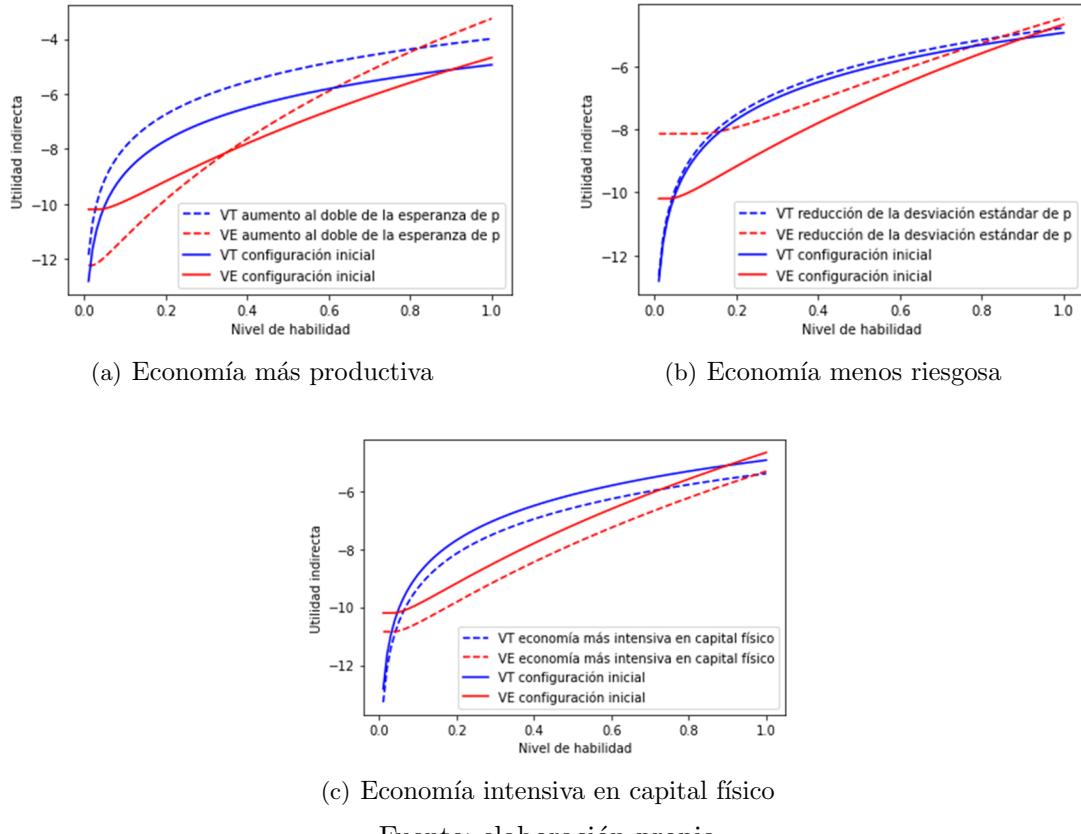
Como podemos observar, el modelo se comporta de forma esperada, generando emprendedores con alto y bajo nivel de habilidad. También debemos mencionar que, como era de esperar dada la especificación utilizada para la función de producción de capital humano, la simulación genera que los emprendedores con mayores niveles de habilidad tiendan a tener mayores niveles de capital humano.

Ahora que hemos visto algunas propiedades de este modelo, podemos comparar qué ocurre si modificamos algunos de los parámetros propuestos. En particular vamos a estudiar 3 posibles escenarios distintos:

1. Economía más productiva: en este escenario aumentamos la esperanza  $p$  al doble para cada nivel de capital humano elegido por los emprendedores, sin modificar la varianza de su distribución. Esto lleva a que la economía sea más productiva en su conjunto.
2. Economía menos riesgosa: aquí disminuimos la desviación estándar de  $p$  a la mitad para cada nivel de capital humano elegido por los emprendedores, sin modificar la esperanza de la variable aleatoria. Simplemente reducimos a la mitad la longitud del intervalo en el que se distribuye  $p$ .
3. Economía más intensiva en capital: en este último escenario reducimos el valor de  $\alpha$  a 0,3 y aumentamos el valor de  $\theta$  a 0,5. De esta forma, afectamos la participación de cada factor en el producto, aumentando la participación del capital físico y reduciendo la del capital humano, sin modificar los rendimientos a escala.

La Figura 4.8 muestra cómo se modifican las elecciones óptimas entre trabajar y emprender para cada nivel de habilidad en estado estacionario en comparación con el escenario de base propuesto.

Figura 4.8: Comparación de distintos escenarios versus escenario base



Fuente: elaboración propia

En el panel (a) de la Figura 4.8 podemos observar que una economía más productiva que la planteada originalmente lleva a un estado estacionario en el que todos los agentes obtienen una mayor utilidad. Además, el stock de capital físico de estado estacionario resulta ser mayor también. Es interesante observar, mediante las funciones de utilidad indirecta, que una economía más productiva produce una mayor cantidad de emprendedores con capital humano alto y una menor cantidad de emprendedores con capital humano bajo. Esto se debe a que el aumento en la productividad de las empresas se traduce en mayores niveles de salario que tienden a modificar el comportamiento de los emprendedores con bajo nivel de habilidad. También es importante mencionar que al aumentar la productividad, cada emprendedor elige dedicar una mayor cantidad de tiempo a formar capital humano, aprovechando de mejor manera el aumento propuesto en la distribución de la productividad empresarial.

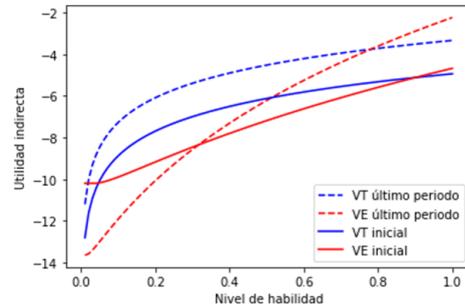
En el panel (b) de la misma figura podemos observar las diferencias entre la especificación original y una nueva especificación donde reducimos la desviación estándar de la distribución de la productividad empresarial. En este caso, la reducción del riesgo lleva a una economía con un stock de capital físico de estado estacionario menor, pero con una mejoría en los niveles de utilidad de todos los individuos. Además, la utilidad de los emprendedores aumenta más que la utilidad de los trabajadores. Dado que los agentes son aversos al riesgo, los emprendedores son los principales beneficiarios de la nueva situación planteada. Esto hace que la economía produzca una mayor cantidad de emprendedores de todo tipo. La mayor cantidad de emprendedores tiende a generar una mayor demanda de capital humano para trabajo y una menor oferta del mismo produciendo un aumento en el nivel de salarios que se traduce en un incremento en la utilidad de los trabajadores. Finalmente, bajo esta nueva especificación, todos los emprendedores dedican menos tiempo a su formación de capital humano, siendo mayor este efecto mientras menor es el nivel de habilidad innata. Esto último implica que la productividad agregada es menor, lo que explica el menor nivel de stock de capital físico mencionado en estado estacionario.

Finalmente, el panel (c) compara la especificación original contra una nueva especificación que implica una mayor participación del capital físico en la producción mientras se produce un detrimento de la participación del factor trabajo. Esta situación resulta en un estado estacionario con menor stock de capital físico y con una menor utilidad para todos los agentes. En este caso, la modificación de la estructura productiva de la economía produce que los salarios se reduzcan al tiempo que se incrementan las tasas de interés. Es posible que, en un primer momento, esto no afecte a los emprendedores. Sin embargo, si se genera disminución en el nivel de ingreso de los trabajadores, produciendo que periodo a periodo ahorren menos. Esto conlleva un stock de capital físico de estado estacionario menor que termina impactando negativamente en la utilidad de los emprendedores.

Para finalizar, simulamos el modelo con crecimiento sostenido. Para computar la ecuación (4.15), consideramos  $\delta = 0,2$ ,  $\gamma = 0,1$  y  $h = 0,7$ . La simulación se comporta de forma esperada, generando un crecimiento sostenido en el stock de capital físico y en el stock de conocimiento. Esto implica un incremento, periodo a periodo, de la producción agregada y los salarios. A medida que la economía evoluciona, los emprendedores tienden a aumentar el tiempo que dedican a su formación de capital humano. Esto lleva a que un porcentaje mayor de individuos supere el umbral de 0,7, a partir del cual empiezan a aportar al stock de conocimiento. Bajo la especificación básica, en el periodo inicial solo el 13 % de los individuos superan este umbral. Este porcentaje crece rápidamente a 21 % en 8 periodos. Vemos aquí la aparición de un círculo virtuoso, ya que

una mayor productividad incentiva a los emprendedores a tener más capital humano el cual, a su vez, repercute positivamente en la productividad futura. La Figura 4.9 muestra cómo se modifica la elección trabajar-emprender de los agentes a medida que la economía se vuelve más productiva bajo la especificación original planteada.

Figura 4.9: Modificación en la decisión de los agentes a medida que la economía crece



Fuente: elaboración propia

Como podemos observar, a medida que la economía crece, producto de un mayor stock de conocimientos que hace más productivas a las empresas con dueños más capacitados, los emprendedores con bajos niveles de habilidad y bajo capital humano tienden a modificar su decisión y volverse trabajadores. Esto no es más que el resultado del aumento sostenido en los salarios proveniente de empresas más productivas.

## 4.10. Conclusiones

En este capítulo hemos presentado un modelo de elección entre emprender y trabajar, con acumulación de capital físico y elección de tiempo dedicado a la formación de capital humano. Nuestro modelo muestra que, por sí solas, tanto la actividad emprendedora como la inversión en capital humano no logran generar crecimiento económico sostenido. Es necesario que ambos factores interactúen para que la economía crezca.

Por un lado, el capital humano crea nuevos conocimientos, nuevas técnicas e incluso nueva tecnología. Por otro lado, son los emprendedores quienes deben tomar estos nuevos conocimientos y aplicarlos al proceso productivo para que el nivel de producción agregado crezca en el tiempo. Además, son los emprendedores más capacitados quienes dirigen este proceso, ya que son ellos quienes, a través del tiempo dedicado a capacitarse, acceden a este stock de nuevos conocimientos. Por su parte, los emprendedores poco capacitados tienden a desaparecer a medida

que la economía crece.

# Capítulo 5

## Comentarios finales

En este trabajo hemos estudiado distintos mecanismos por los cuales la educación y el capital humano contribuyen a la productividad y al crecimiento económico. En primer lugar, hemos derivado la existencia de un exceso de retorno social a la educación por sobre el retorno privado, el cual estimamos en torno a 1,65 puntos porcentuales. Luego, hemos construido series de capital humano mediante especificaciones no tradicionales de la ecuación de Mincer con las cuales estimamos, utilizando el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios Dinámicos, el impacto de los años de estudio sobre el PBI per cápita. De esta forma, dimos cuenta de la capacidad de crecimiento de las distintas zonas geográficas en función de la cantidad y calidad de escolaridad de cada país. Finalmente, hemos planteado un modelo de generaciones superpuestas para estudiar la decisión trabajar-emprender de un agente económico, incluyendo tiempo dedicado a formación de capital humano y acumulación de capital físico. Con este modelo mostramos que la interacción entre capital humano y emprendedurismo genera crecimiento económico sostenido. En base a todos estos resultados, podemos decir que hemos cumplido con el objetivo propuesto para esta tesis, corroborando las tres hipótesis establecidas.

Para concluir, debemos mencionar que los resultados hallados en esta tesis nos llevan a hacer algunas reflexiones, principalmente pensando en el estado actual de la situación educativa latinoamericana, que pueden servir como propuestas de investigación futuras.

Como hemos visto, la contribución directa de la educación al capital humano de nuestra región no es menor. Hemos estimado que América Latina tiene capacidad para aumentar en un 22 % su PBI per cápita mejorando sus resultados educativos, 10 % aumentando el promedio de años de estudio de la población y 12 % incrementando la calidad educativa. Esto quiere decir que

tanto la cantidad de educación recibida como la calidad de la misma son factores importantes a tener en cuenta si queremos generar un proceso de crecimiento que acerque a nuestra región a los niveles de los países más avanzados. Es este sentido, es importante no descuidar un aspecto en favor del otro ya que el resultado final es, hasta el momento, incierto. Favorecer la cantidad de años de educación de la población en detrimento de la calidad recibida, o viceversa, podría terminar generando una disminución en el stock de capital humano agregado no deseada. Este es un aspecto interesante que puede ser estudiado en futuras investigaciones.

Debemos tener en cuenta que el problema de calidad educativa para América Latina es importante. Según el Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología de Argentina (2019), los resultados de las pruebas PISA 2018 muestran que el 65 % de los estudiantes de nuestra región alcanza apenas el nivel más bajo de compresión en matemática, mientras que menos del 1 % alcanza el nivel más alto. Por otro lado, en los países de la OCDE el panorama es completamente distinto, menos del 25 % se encuentra en el nivel más bajo, mientras que cerca del 10 % alcanza el nivel más alto. La disparidad es similar en los resultados relativos a lectura y ciencias. Dado que las pruebas PISA miden la calidad educativa a nivel primario y secundario, si a esto le agregamos que, de acuerdo a los datos de Barro y Lee (2013), los países de nuestra región presentan como máximo un 26 % de su población con algo de educación terciaria, podemos inferir que las dificultades que presentan estos estudiantes en los distintos campos de conocimientos no son superadas más adelante, en niveles educativos más altos. Y aún si estos estudiantes logran acceder a los niveles de educación superior, hay evidencia de que las pérdidas educativas producidas en los niveles primarios y secundarios podrían no recuperarse del todo. Esto se deduce del trabajo de Jaume y Willén (2017) quienes, para Argentina, muestran que las personas cuya educación se ve afectada por paros docentes en los niveles primario y secundario tienden a percibir una reducción significativa en su salario esperado sea cual sea el nivel educativo final alcanzado.

Un aspecto adicional relativo a calidad educativa viene dado por el hecho de que no disponemos de información respecto al impacto que ésta produce en el rol señalador que tiene la educación dentro de la economía. Spence (1973) demuestra en forma teórica que la educación ayuda a los empresarios a distinguir entre trabajadores más y menos productivos, favoreciendo así la eficiencia económica. Es de esperar que una calidad educativa pobre genere que más individuos puedan avanzar artificialmente hacia niveles educativos más altos. Esto podría llevar a que este rol señalador funcione de manera inadecuada, generando pérdidas de eficiencia y menores niveles de PBI per cápita, de manera similar a lo mostrado por Arozamena y Ruffo (2017). Esto

nos deja otro tema interesante para ser investigado a futuro.

Finalmente, la conclusión de que el capital humano tiende a generar nuevas ideas y nueva tecnología, y de que son estos nuevos recursos los que permiten a los emprendedores con alto capital humano ser más productivos, tiene importantes implicaciones relacionadas con el sistema educativo de nuestra región también. En primer lugar, esta propuesta nos lleva a pensar que la educación no solo debe apuntar a generar individuos más productivos, sino que, también, debe intentar producir personas capaces de aportar nuevas ideas y nuevo conocimiento a la sociedad. En este sentido, podríamos decir que la educación tiene que perseguir fines vinculados con la innovación, y no basarse únicamente en proveer herramientas específicas de aplicación mecánica a uno u otro trabajo. El hecho de que el conocimiento reúne todas las características de un bien público al cual es imposible restringirle el acceso gracias a las tecnologías actuales, podría generar la idea de que los países menos desarrollados deberían dedicarse a fomentar una educación estrictamente productiva mientras aprovechan las nuevas ideas y técnicas generadas por los países más avanzados. Sin embargo, los resultados presentes en este trabajo muestran que esta postura no es recomendable desde el punto de vista del crecimiento económico. Los resultados hallados por Jamison *et al.* (2007) muestran que este tipo de pensamientos conducen a una velocidad más lenta de adopción de estas nuevas tecnologías e ideas. Esto conlleva una brecha de productividad que tiende a permanecer a lo largo del tiempo. A su vez, y acorde a lo propuesto en nuestro modelo teórico, esta brecha de productividad genera incentivos a que los individuos con stock de capital humano más alto tiendan a emigrar hacia los países más productivos, donde pueden hacer un uso más rentable de sus conocimientos.

# Bibliografía

- Acemoglu, D. y Angrist, J. (2001). How large are human capital externalities? Evidence from compulsory-schooling laws. *NBER Macroeconomics Annual 2000*, 15, 9-74.
- Alejo, J. y Funes, V. (2021). Ecuaciones salariales de parejas bajo selección muestral bivariada. Una aplicación al caso argentino *Revista de Análisis Económico*, 36(1), 3-22.
- Altinok, N., Angrist, N. y Patrinos, H. (2018). Global data set on educational quality (1965-2015). *World Bank Group Policy*, WPS 8314.
- Ando, S., y Matsumura, M. (2020). Constrained inefficiency of competitive entrepreneurship. *Journal of Mathematical Economics*, 88(C): 98-103.
- Arozamena, L. y Ruffo, H. (2017). Education, signaling and the allocation of entrepreneurial skills. *Development Bank of Latin America*, CAF-Working paper N° 2017/15.
- Barro, R. (1990). Government spending in a simple model of endogenous growth. *Journal of Political Economy*, 98(S5): 103-125.
- Barro, R. (1991). Economic growth in a cross section of countries. *Quarterly Journal of Economics*, 106(2), 407-443.
- Barro, R. y Sala-i-Martin, X. (1997). Technological diffusions, convergence and growth. *Journal of Economic Growth*, 2, 1-26.
- Barro, R. y Lee, J. (2013). A new data set on educational attainment in the world, 1950-2010. *Journal of Development Economics*, 104(C), 184-198.
- Bhattacharya, D., Guner, N., y Ventura, G. (2013). Distortions, endogenous managerial skills and productivity differences. *Review of Economic Dynamics*, 16(1): 11-25.
- Becker, G. (1962). Investment in human capital: A theoretical analysis. *Journal of Political Economy*, 70, 1-9.
- Benhabib, J. y Spiegel, M. (1994). The role of human capital in economic development evidence from aggregate cross-country data. *Journal of Monetary Economics*, 34(2), 143-173.
- Benhabib, J. y Spiegel, M. (2005). Human Capital and Technology Diffusion. En Aghion y Durlauf (Eds.), *Handbook of Economic Growth* (vol. 1, pp. 935-966). Elsevier.
- Bils, M. (2000). How Large Are Human-Capital Externalities? Evidence from Compulsory Schooling Laws: Comment. *NBER Macroeconomics Annual*, 15, 59-68.

- Bils, M. y Klenow, P. (2000). Does schooling cause growth? *American Economic Review*, 90(5), 1160-1183.
- Belzil, C. (2008). Testing specification of the Mincer wage equation. *Annales d'Économie et de Statistique*, 91/92, 427-451.
- Bloom, D., Canning, D. y Sevilla, J. (2004). The effect of health on economic growth: A production function approach. *World Development*, 32(1), 1-13.
- Boot, J., Feibes, W. y Lisman, J. (1967). Further methods of derivation of quarterly figures from annual data. *Applied Statistics*, 16(1), 65-75.
- Breton, T. (2011). The quality vs. the quantity of schooling: What drives economic growth? *Economics of Education Review*, 30(4), 765-773.
- Boudreaux, C. y Caudill, S. (2019). Entrepreneurship, Institutions, and Economic Growth: Does the Level of Development Matter? *University Library of Munich, Germany*, MPRA Paper (94244).
- Card, D. (1999). The causal effect of education on earnings. En O. C. Ashenfelter y D. Card (Eds.), *Handbook of Labor Economics* (vol. 3, pp. 1801 - 1863). Elsevier.
- Card, D. (2001). Estimating the return to schooling: Progress on some persistent econometric problems. *Econometrica*, 69(5), 1127-1160.
- Caselli, F., Ponticelli, J. y Rossi, F. (2016). A New Dataset on Mincerian Returns. En F. Caselli (Ed.), *Technology Differences Over Space and Time* (pp. 88-97). Princeton University Press.
- Choi, I. (2001). Unit root test for panel data. *Journal of International Money and Finance*, 20(2), 249-272.
- Ciccone, A., y Peri, G. (2006). Identifying human-capital externalities: Theory with applications. *Review of Economic Studies*, 73(2), 381-412.
- Cohen, D. y Soto, M. (2007). Growth and human capital: good data, good results. *Journal of Economic Growth*, 12(1), 51-76.
- Deschenes, O. (2006). Unobserved ability, comparative advantage, and the rising return to education in the United States 1979-2000. *UC Santa Barbara: Department of Economics*. Working paper.
- Doepke, M. y Zilibotti, F. (2014). Culture, Entrepreneurship, and Growth. En P. Aghion y S. Durlauf (Ed.), *Handbook of Economic Growth* (vol. 2, pp. 1-48). Elsevier.
- Erosa, A., Koreshkova, T. y Restuccia, D. (2010). How important is human capital? A quantitative theory assessment of world income inequality. *The Review of Economic Studies*, 77(4), 1421-1449.
- Ertur, C. y Koch, W. (2006). Convergence, human capital and international spillovers. *Laboratoire d'Economie et de Gestion*. Université de Bourgogne. Working Paper.
- Feenstra, R., Inklaar, R. y Timmer, M. (2015). The next generation of the Penn World Table. *American Economic Review*, 105(10), 3150-82.
- Growiec, J. (2010). Human capital, aggregation, and growth. *Macroeconomics Dynamics*, 14(2),

189-211.

- Growiec, J. y Groth, C. (2015). On aggregating human capital across heterogeneous cohorts. *Mathematical Social Sciences*, 78, 21-38.
- Guo, J., Roys, N. y Seshadri, A. (2018). Estimating aggregate human capital externalities. *University of Wisconsin-Madison*, Working Paper.
- Hanushek, A. (2013). Economic growth in developing countries: The role of human capital. *Economics of Education Review*, 37(C), 202-212.
- Hanushek, A. (2015). Why standard measures of human capital are misleading. *KDI Journal of Economic Policy*, 37(2), 22-37.
- Hanushek, A. y Woessmann, L. (2008). The Role of Cognitive Skills in Economic Development. *Journal of Economic Literature*, 46(3), 607-668.
- Heckman, J., Lochner, L. y Todd, P. (2003). Fifty years of Mincer earnings regressions. *National Bureau of Economic Research*, Working Paper N° 9739.
- Hsieh, C. y Klenow, P. (2010). Development accounting. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 2(1), 207-23.
- Jamison, E., Jamison, D. and Hanushek, E. (2007). The effects of education quality on income growth and mortality decline. *Economics of Education Review*, 26(6), 771-788.
- Jaume, D. y Willén, A. (2019). The Long-Run Effects of Teacher Strikes: Evidence from Argentina. *Journal of Labor Economics*, 37(4), 1097-1139.
- Jin, S., Philips, P. y Sun, Y. (2006). A new approach to robust inference in cointegration. *Economic Letters*, 91(2), 300-306.
- Jones, B. (2008). The knowledge trap: Human capital and development reconsidered. *NBER*, Working Papers N° 14138.
- Kao, C. y Chiang, M. (2000). On the estimation and inference of a cointegrated regression in panel data. En B.H. Baltagi, T.B. Fomby, and R. Carter Hill (Ed.), *Nonstationary Panels, Panel Cointegration, and Dynamic Panels (Advances in Econometrics, Vol. 15)* (pp. 179-222). Emerald Group Publishing Limited.
- Kihlstrom, R., y Laffont, J. (1979). Education and self-employment propensity. *Journal of Political Economy*, 87(4): 719-748.
- Klenow, P. y Rodriguez-Clare, A. (1997). The neoclassical revival in growth economics: Has it gone too far? *NBER Macroeconomics Annual 1997*, 12, 73-114.
- Klenow, P. y Rodriguez-Clare, A. (2005). Externalities and Growth. En P. Aghion y S. Durlauf (Eds.), *Handbook of Economic Growth* (vol. 1, pp. 817-861). Elsevier.
- Kolstad, I., y Wiig, A. (2015). Education and entrepreneurial success. *Small Business Economics*, 44(4): 783-796.
- Lindhal, M. y Krueger, A. (2001). Education for Growth: Why and for Whom? *Journal of Economic Literature*, 39(4), 1101-1136.

- Lucas, R. (1988). On the mechanics of the economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3-42.
- Manuelli, R. y Seshadri, A. (2014). Human capital and the wealth of nations. *American Economic Review*, 104(9), 2736-62.
- Mincer, J. (1958). Investment in human capital and personal income distribution. *Journal of Political Economy*, 66(4), 281-302.
- Mincer, J. (1974). Age and Experience Profiles of Earnings. En J. Mincer (Ed.), *Schooling, Experience, and Earnings* (pp. 64-82). NBER.
- Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología (2019). Argentina en PISA 2018: Informe de Resultados. Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología de la Nación y la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires.
- Montenegro, C. y Patrinos, H. (2014). Comparable estimates of returns to schooling around the world. *The World Bank*, Policy Research Working Paper Series N° 7020.
- Murphy, K. y Welch, F. (1990). Empirical age-earnings profiles. *Journal of Labor Economics*, 8(2), 202-29.
- Nelson, R. y Phelps, E. (1966). Investment in humans, technological diffusion, and economic growth. *The American Economic Review*, 56(1/2), 69-75.
- Pandey, M. (2008). Human capital aggregation and relative wages across countries. *Journal of Macroeconomics*, 30(4), 1587-1601.
- Pedroni, P. (1999). Critical values for cointegration test in heterogeneous panels with multiple regressors. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61(S1), 653-670.
- Phillips, P. y Moon, H. (1999). Linear regression limit theory for nonstationary panel data. *Cowles Foundation for Research in Economics*, Yale University, Discussion Papers N° 1222.
- Poschke, M. (2013). Who becomes an entrepreneur? Labor market prospects and occupational choice. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 37(3): 693-710.
- Poschke, M. (2018). The firm size distribution across countries and skill-biased change in entrepreneurial technology. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 10(3), 1-41.
- Pritchett, L. (2001). Where has all the education gone? *The World Bank Economic Review*, 15(3), 367-391.
- Psacharopoulos, G. (1985). Returns to education: A further international update and implications. *Journal of Human Resources*, 20(4), 582-604.
- Psacharopoulos, G. (1994). Returns to investment in education: A global update. *World Development*, 22(9), 1325-1343.
- Psacharopoulos, G. y Patrinos, H. (2004). Returns to investment education: A further update. *Education Economics*, 12(2), 111-134.
- Psacharopoulos, G. y Patrinos, H. (2018). Returns to investment education: A decennial review of the global literature. *Education Economics*, 26(5), 445-458.

- Rauch, J. (1993). Productivity gains from geographic concentration of human capital: Evidence from the cities. *Journal of Urban Economics*, 34(3), 380-400.
- Rodríguez Feijoo, S., Rodríguez Caro, A. y Dávila Quintana, C. (2001). Análisis comparativo de los métodos de desagregación temporal sin información auxiliar. *Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos d ASEPUA, Actas*, 9(1), 1-14.
- Romer, P. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002–1037.
- Romer, P. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98(5), S71-102.
- Sala-i-Martin, X. (1997). I just ran two million regressions. *American Economic Review*, 87(2), 178-83.
- Schultz, T. (1961). Investment in human capital. *The American Economic Review*, 51(1), 1-17.
- Serio, M. y Mahnic, P. (2022). Exploring the U-shaped relationship between education and entrepreneurial choice: a theoretical model and empirical findings for Latin America. *Springer Nature Business & Economics, Springer*, 2(6), 1-22.
- Soto, M. (2009). The causal effect of education on aggregate income. *Barcelona Graduate School of Economics*, Working Papers N° 394.
- Spence, M. (1973). Job Market Signaling. *The Quarterly Journal of Economics*, 87(3), 355-374.
- Stam, E., y Stel, A. (2009). Types of Entrepreneurship and Economic Growth. *United Nations University - Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology, MERIT Working Papers*, 2009-049.
- United Nations Development Programme (1 de marzo de 2023). *Entrepreneurship Development Programme II*. <https://open.undp.org/projects/00104825>
- United States Department of State (1 de marzo de 2023). *Global Entrepreneurship Program*. <https://2009-2017.state.gov/e/eb/cba/entrepreneurship/gep/index.htm>
- Van der Sluis, J., y Van Praag, M. (2004). Economic Returns to Education for Entrepreneurs: The Development of a Neglected Child in the Family of Economics of Education? *Economic and Policy Review*, 11:183-226.
- Van der Sluis, J., Van Praag, M. y Vijverberg, W. (2005). Entrepreneurship selection and performance: A meta-analysis of the impact of education in developing economies. *The World Bank Economic Review*, 2(19).
- Van Praag, M., Van Witteloostuijn, A. y Van der Sluis, J. (2012). The higher returns to formal education for entrepreneurs versus employees. *Small Business Economics*, 40, 375–396.
- Vera Rueda, M. (2015). En busca de lo inobservable: incorporando habilidades en un modelo à la Mincer. *CAF Development Bank of Latinamerica, Research Department Working Papers N° 777*.
- World Bank (2020). The Human Capital Index 2020 Update: Human Capital in the Time of COVID-19. *World Bank*, Washington, DC.

# Apéndices

## Apéndice A: Capítulo 2

En la Tabla A.1 presentamos la muestra de 99 países utilizada en el Capítulo 2 así como la submuestra de 84 países. Para cada variable se presenta el promedio para el periodo 1960-2010.

Tabla A.1: Muestra utilizada de países

	País	$y$	$k$	$\alpha$	$A$	$s$
1	Alemania	48128,76	164427,90	0,659	0,747	8,477
2	Argelia	48026,20	134440,60	.	.	2,959
3	Argentina	21859,66	48149,73	0,500	0,670	7,050
4	Australia	61338,11	196118,80	0,638	0,826	10,986
5	Austria	49721,78	159483,20	0,622	0,821	8,603
6	Bangladesh	4863,77	7131,71	.	.	2,950
7	Barbados	34498,51	35273,46	0,750	1,177	7,891
8	Bélgica	58402,33	201730,60	0,636	0,950	9,063
9	Bolivia	6557,33	10761,88	0,532	0,421	5,414
10	Botswana	21872,97	46495,75	0,328	0,858	4,402
11	Brasil	13791,59	36750,04	0,526	0,573	4,726
12	Burundi	1571,93	2891,84	0,750	0,168	1,287
13	Camerún	5103,36	7887,87	0,537	0,454	3,162
14	Canadá	60918,26	174299,70	0,660	0,922	10,325
15	Chile	26158,36	51844,38	0,449	0,772	7,493
16	China	5819,92	12213,87	0,627	0,352	5,360
17	Chipre	44848,23	198641,90	0,508	0,738	8,055
18	Colombia	17752,13	50085,58	0,688	0,542	5,704
19	Congo	8491,21	14134,93	.	.	3,274
20	Costa de Marfil	6062,22	7772,76	0,536	0,632	1,959
21	Costa Rica	22045,38	36492,73	0,622	0,698	6,134
22	Dinamarca	51249,02	163107,60	0,641	0,879	9,411

Nota: Para cada variable se presenta el promedio del periodo 1960-2010. La submuestra de 84 países se obtiene eliminando las observaciones con datos faltantes de esta tabla.

Tabla A.1 (continuación): Muestra utilizada de países

	País	<i>y</i>	<i>k</i>	$\alpha$	<i>A</i>	<i>s</i>
23	Ecuador	16142,47	38521,43	0,564	0,565	5,660
24	Egipto	11290,31	10960,50	0,390	1,059	3,196
25	El Salvador	5740,64	9514,38	.	.	4,006
26	España	44838,77	145129,20	0,639	0,872	6,319
27	Estados Unidos	74486,91	215386,80	0,626	1,000	11,910
28	Fiji	16989,02	27087,82	0,614	0,654	6,399
29	Filipinas	9725,83	21596,17	0,425	0,470	7,045
30	Finlandia	47900,48	184528,40	0,635	0,740	8,643
31	Francia	54917,48	173878,60	0,683	0,951	7,885
32	Gabón	41207,94	72232,34	0,388	1,457	3,726
33	Gambia	6171,28	8176,17	.	.	1,174
34	Ghana	6051,56	16679,69	.	.	3,886
35	Grecia	38296,98	171501,50	0,529	0,628	8,173
36	Guatemala	13955,79	21823,90	0,458	0,899	2,765
37	Haití	4439,82	17507,70	.	.	2,366
38	Honduras	9853,56	20193,25	0,583	0,513	3,791
39	India	4738,96	11641,61	0,645	0,278	3,198
40	Indonesia	7592,73	17580,19	0,449	0,491	3,778
41	Irán	26293,86	71150,86	0,330	0,932	3,981
42	Irlanda	54563,62	142292,90	0,491	0,890	8,946
43	Islandia	50801,77	199651,60	0,673	0,773	8,063
44	Israel	46589,97	127123,40	0,585	0,812	9,736
45	Italia	54163,17	197102,40	0,579	0,882	7,832
46	Jamaica	14639,84	44368,72	0,558	0,495	6,523
47	Japón	42835,24	112795,70	0,659	0,705	9,695
48	Jordan	22534,35	44741,35	0,473	1,003	5,097
49	Kenia	5515,94	10440,46	0,428	0,469	3,115
50	Lesoto	6350,85	12906,07	0,693	0,318	3,783
51	Luxemburgo	63867,25	235063,30	0,655	1,022	8,212
52	Malasia	22065,85	57823,48	0,577	0,572	5,773
53	Malawi	2678,84	3920,72	.	.	2,282
54	Mali	2553,45	2629,21	.	.	0,680
55	Malta	31596,08	83899,41	0,544	0,596	6,949
56	Marruecos	14000,04	31375,83	0,515	0,876	2,190
57	Mauricio	28133,00	56197,96	0,495	0,908	5,198
58	Mauritania	11499,23	28018,69	0,586	0,564	2,232
59	México	32618,67	71896,88	0,483	0,883	5,271
60	Mozambique	1391,23	1284,90	0,427	0,383	1,116
61	Namibia	21451,26	45846,68	0,607	0,711	4,549
62	Nepal	2590,39	5427,59	.	.	1,731
63	Nicaragua	13220,80	39153,08	0,548	0,519	3,924
64	Niger	3027,87	12513,69	0,580	0,259	0,737

Nota: Para cada variable se presenta el promedio del periodo 1960-2010. La submuestra de 84 países se obtiene eliminando las observaciones con datos faltantes de esta tabla.

Tabla A.1 (continuación): Muestra utilizada de países

	País	$y$	$k$	$\alpha$	$A$	$s$
65	Noruega	69648,58	197872,10	0,596	1,034	9,376
66	Nueva Zelanda	44059,46	114992,00	0,589	0,780	10,089
67	Países Bajos	56216,38	173462,30	0,680	0,970	9,649
68	Pakistán	8563,02	12309,35	.	.	2,592
69	Panamá	24558,14	43368,70	0,439	0,849	6,883
70	Paraguay	10450,29	20170,66	0,503	0,584	5,323
71	Perú	12600,90	22994,05	0,471	0,632	6,501
72	Portugal	30710,72	119614,00	0,642	0,749	5,815
73	Reino Unido	50157,14	149223,50	0,611	0,806	8,325
74	República Centroafricana	2340,16	4966,39	0,226	0,419	1,774
75	República de Corea	28891,08	79516,16	0,610	0,481	8,438
76	República Democrática del Congo	4249,84	7808,38	.	.	2,150
77	República Dominicana	17784,45	44011,97	0,650	0,650	4,898
78	Rumania	13168,73	35541,27	0,516	0,440	8,042
79	Rwanda	2113,77	1863,98	0,789	0,243	1,509
80	Senegal	6550,50	15642,08	0,386	0,580	2,086
81	Sierra Leona	3700,39	4426,78	0,533	0,571	1,259
82	Singapur	44091,69	137330,00	0,427	0,794	6,002
83	Siria	11271,04	22769,20	.	.	3,564
84	Sri Lanka	11679,39	22955,38	0,758	0,424	7,144
85	Sudáfrica	27934,85	53560,93	0,596	0,794	5,916
86	Suecia	51158,68	166220,30	0,556	0,880	9,816
87	Suiza	63701,25	192709,30	0,662	0,922	9,382
88	Tailandia	9969,73	28266,08	0,430	0,448	4,273
89	Taiwan	41247,52	81443,02	0,531	0,912	7,742
90	Tanzania	3610,05	9808,64	0,505	0,345	2,661
91	Togo	3323,16	7544,84	0,852	0,190	2,382
92	Trinidad y Tobago	41555,96	65753,08	0,470	1,398	6,923
93	Túnez	19790,69	44178,41	0,533	0,882	3,194
94	Turquía	30297,59	57919,79	0,542	0,995	4,650
95	Uganda	2814,94	3751,53	.	.	2,575
96	Uruguay	22865,52	59358,86	0,513	0,750	6,855
97	Venezuela	29851,80	88730,32	0,410	0,872	5,380
98	Zambia	5949,57	17868,51	.	.	3,774
99	Zimbabwe	7601,02	4354,04	0,624	0,672	4,725

Nota: Para cada variable se presenta el promedio del periodo 1960-2010. La submuestra de 84 países se obtiene eliminando las observaciones con datos faltantes de esta tabla.

Fuente: elaboración propia en base a Barro y Lee (2013) y PWT 9.0.

## Apéndice B: Capítulo 3

En este apéndice detallamos como fue aplicado el método de Boot, Feibes y Lisman (1967) y los resultados de los test de Choi y Pedroni aplicados a las series de datos utilizadas en el Capítulo 3. También mostramos, mediante simulaciones de Montecarlo, el cumplimiento de la relación (3.30) para paneles que presentan las características mencionadas en el Capítulo 3.

### B.1. El método de Boot, Feibes y Lisman

En general, con el fin de obtener series de alta frecuencia en base a series originales de baja frecuencia Boot *et al.* (1967) proponen minimizar la suma de los cuadrados de las diferencias de los años sucesivos sujeto a la restricción de que la suma de los totales anuales obtenidos coincida con el total de los 5 años. No obstante, este método sirve para series de tipo flujo. Para el caso de series tipo stock, es conveniente primero diferenciar la serie y luego aplicar el método mencionado a la serie original. De esta forma se obtiene una estimación de la variación anual de la serie que coincide con la variación total cada 5 años. En términos matriciales, nuestro problema consiste en:

$$\min_x \ x'D'Dx \text{ s.a } Bx = Y.$$

Donde  $Y_{10 \times 1}$  es el vector de variaciones cada 5 años de la serie original,  $x_{50 \times 1}$  es el vector de variaciones anuales a estimar,  $D_{50 \times 50}$  es la matriz que transforma al vector  $x$  en primeras diferencias y  $B_{10 \times 50}$  es la matriz que transforma las variaciones anuales en variaciones cada cinco años. La forma de las matrices  $D$  y  $B$  puede verse en Denton (1971).

La solución a este problema viene dada por:

$$x = (D'D)^{-1}B'(B(D'D)^{-1}B')^{-1}Y$$

### B.2. Test de raíz unitaria y cointegración

Las tablas B.1 y B.2 presentan los resultados de los test de Choy y Pedroni aplicados a las series de datos utilizadas en el capítulo 3, respectivamente.

Tabla B.1: Test de Choi de raíz unitaria

	Inversa de Chi-cuadrado de Fisher modificada	P-valor
PBI per cápita	-1,5976	0,95
Capital per cápita	0,4766	0,31
Años de estudio	0,9544	0,16
$h_{min}^*$ especificación lineal	-0,3851	0,65
$h_{max}^*$ especificación lineal	-1,0532	0,85
$h_{min}^*$ especificación cuadrática	0,6453	0,2594
$h_{max}^*$ especificación cuadrática	0,6453	0,2594
$h_{min}^*$ especificación cúbica	-1,6981	0,9553
$h_{max}^*$ especificación cúbica	-0,8207	0,7941

Hipótesis nula: todos los paneles contienen raíz unitaria.

Fuente: elaboración propia en base a Barro y Lee (2013) y PWT 9.0

Tabla B.2: Test de cointegración de Pedroni

Variables	ADF-Panel	ADF-Grupal
PBI per cápita, Capital per cápita y Años de estudio	0,81	-2,89
PBI per cápita, Capital per cápita y especificación lineal para $h_{min}^*$	0,77	-2,85
PBI per cápita, Capital per cápita y especificación lineal para $h_{max}^*$	2,07	-1,41
PBI per cápita, Capital per cápita y especificación cuadrática para $h_{min}^*$	1,01	-2,09
PBI per cápita, Capital per cápita y especificación cuadrática para $h_{max}^*$	0,18	-3,34
PBI per cápita, Capital per cápita y especificación cúbica para $h_{min}^*$	2,23	0,1
PBI per cápita, Capital per cápita y especificación cúbica para $h_{max}^*$	1,96	-0,01

Test distribuidos  $N(0, 1)$  bajo la hipótesis nula de no cointegración.

Fuente: elaboración propia en base a Barro y Lee (2013) y PWT 9.0

### B.3. Simulaciones de Montecarlo

El objetivo de este apartado es demostrar mediante simulaciones de Montecarlo que se cumple la relación (3.29) para una estructura de datos similar a la analizada en este trabajo.

Con este fin, propusimos el mismo proceso generador de datos que Kao y Chiang (2000) para paneles heterogéneos:

$$y_{it} = a_i + b x_{it} + \mu_{it},$$

$$x_{it} = x_{it-1} + \nu_{it}.$$

Donde  $(\mu_{it}, \nu_{it})$  sigue un proceso ARMA(1,1):

$$\begin{pmatrix} \mu_{it} \\ \nu_{it} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,5 & 0 \\ 0 & 0,5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mu_{it-1} \\ \nu_{it-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \mu_{it}^* \\ \nu_{it}^* \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0,3 & -0,4 \\ \theta_i & 0,6 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mu_{it-1}^* \\ \nu_{it-1}^* \end{pmatrix},$$

con:

$$\begin{pmatrix} \mu_{it}^* \\ \nu_{it}^* \end{pmatrix} \sim N \left( \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & \sigma_i \\ \sigma_i & 1 \end{bmatrix} \right).$$

Siguiendo a Kao y Chiang (2000), fijamos  $b = 2$ , generamos  $a_i$  de una distribución  $U[0, 10]$  y generamos a  $\theta_i$  y  $\sigma_i$ , ambas de una distribución  $U[-0,8, 0,8]$ .

A continuación construimos cotas,  $x^*$ , superiores e inferiores para  $x$  mediante la siguiente especificación:

$$x_{\max it}^* = x_{it} + c \times f(x_{it}),$$

$$x_{\min it}^* = x_{it} - d \times f(x_{it}).$$

donde en cada replica generamos  $c$  y  $d$  a partir de distribuciones uniformes distintas para cada forma funcional de  $f$ , de forma tal que  $\max(x_{\max it}^*/x_{it}) < 2$  y  $\max(x_{it}/x_{\min it}^*) < 2$ . Debemos mencionar que propusimos 3 formas funcionales distintas para  $f$ : lineal, cúbica y raíz cubica.

En cada réplica generamos  $N(T + 100)$  observaciones, las cuales separamos en  $N$  series, des- cartando las primeras 100 observaciones de cada serie. Por último, propusimos  $N \in \{10, 25, 50, 100\}$  y  $T \in \{20, 35, 50\}$ . De esta forma, los paneles de mayor tamaño son prácticamente iguales al estudiado en este trabajo.

Finalmente, para cada simulación estimamos las siguientes regresiones por el método de MCOD(3,3):

$$y_{it} = a_i + b_M x_{\max it}^* + \mu'_{it},$$

$$y_{it} = a_i + b_m x_{\min it}^* + \mu''_{it}.$$

Por la forma en que hemos construido las cotas y por el sesgo de variable omitida deducimos que:

$$\text{plim } \hat{b}_M = b + \frac{\text{Cov}(x_{\max}^*, x_{\max}^* - x)}{\text{Var}(x_{\max}^*)}, \quad (\text{B. 1})$$

$$\text{plim } \hat{b}_m = b - \frac{\text{Cov}(x_{\min}^*, x - x_{\min}^*)}{\text{Var}(x_{\min}^*)}. \quad (\text{B. 2})$$

Estas últimas dos ecuaciones implican que se cumple la relación (3.29). La Tabla B.3 muestra que para los paneles simulados se cumplen las ecuaciones (B. 1) y (B. 2), sin importar la forma funcional elegida para  $f$ . Debemos resaltar que realizamos 1000 réplicas por cada proceso propuesto.

Tabla B.3: Simulaciones de Montecarlo

N	T	$f(x) = x$				$f(x) = x^{1/3}$				$f(x) = x^3$			
		$\hat{b}_M + b \frac{\text{cov}(x_{\max}^*, x_{\min}^*)}{\text{var}(x_{\max}^*)}$	$\hat{b}_M + b \frac{\text{cov}(x_{\min}^*, x_{\max}^*)}{\text{var}(x_{\min}^*)}$	$\hat{b}_M + b \frac{\text{cov}(x_{\max}^*, x_{\min}^* - x)}{\text{var}(x_{\max}^*)}$	$\hat{b}_M + b \frac{\text{cov}(x_{\min}^*, x_{\max}^* - x)}{\text{var}(x_{\min}^*)}$	$\hat{b}_M + b \frac{\text{cov}(x_{\max}^*, x_{\min}^*)}{\text{var}(x_{\max}^*)}$	$\hat{b}_M + b \frac{\text{cov}(x_{\min}^*, x_{\max}^*)}{\text{var}(x_{\min}^*)}$	$\hat{b}_M + b \frac{\text{cov}(x_{\max}^*, x_{\min}^* - x)}{\text{var}(x_{\max}^*)}$	$\hat{b}_M + b \frac{\text{cov}(x_{\min}^*, x_{\max}^* - x)}{\text{var}(x_{\min}^*)}$	$\hat{b}_M + b \frac{\text{cov}(x_{\max}^*, x_{\min}^*)}{\text{var}(x_{\max}^*)}$	$\hat{b}_M + b \frac{\text{cov}(x_{\min}^*, x_{\max}^*)}{\text{var}(x_{\min}^*)}$	$\hat{b}_M + b \frac{\text{cov}(x_{\max}^*, x_{\min}^* - x)}{\text{var}(x_{\max}^*)}$	
10	20	1,999171 (0,0241086)	1,997513 (0,0723239)	2,004746 (0,1207224)	1,984948 (0,1327388)	1,983996 (0,0332552)	1,997423 (0,0420406)						
10	35	1,999157 (0,0240336)	1,997447 (0,0721007)	2,005388 (0,0881759)	1,986269 (0,0974416)	1,989022 (0,0326732)	1,997458 (0,0410011)						
10	50	1,998866 (0,0238874)	1,996597 (0,0716621)	2,007372 (0,0856302)	1,985766 (0,0964041)	1,999016 (0,0325293)	1,99666 (0,0398356)						
25	20	1,998972 (0,0141296)	1,996917 (0,0423388)	2,004377 (0,0535909)	1,987328 (0,0591564)	1,998511 (0,0199227)	1,998109 (0,0246673)						
25	35	1,998921 (0,0142698)	1,996763 (0,042893)	2,005298 (0,0508109)	1,987117 (0,0560712)	1,998564 (0,0197267)	1,997384 (0,0236641)						
25	50	1,998889 (0,0145036)	1,996669 (0,0435107)	2,005418 (0,0484354)	1,986276 (0,0533646)	1,998707 (0,0199891)	1,996825 (0,0236602)						
50	20	1,999061 (0,0092571)	1,997182 (0,0277714)	2,005616 (0,0338405)	1,989147 (0,0370309)	1,998082 (0,0130523)	1,998446 (0,0172293)						
50	35	1,998891 (0,00094233)	1,996672 (0,02827)	2,006493 (0,0320359)	1,989215 (0,0349686)	1,999304 (0,0131349)	1,99818 (0,0164159)						
50	50	1,998784 (0,00953875)	1,996353 (0,0287624)	2,007382 (0,0314343)	1,989064 (0,0343399)	1,999476 (0,0134871)	1,997994 (0,0166424)						
100	20	1,999118 (0,0067091)	1,997354 (0,0201274)	2,006642 (0,0230881)	1,99003 (0,0252423)	1,999365 (0,0090902)	1,999392 (0,0117195)						
100	35	1,999069 (0,0067432)	1,997207 (0,0202297)	2,00708 (0,0225286)	1,989997 (0,0247315)	2,000089 (0,0095577)	1,997975 (0,0113251)						
100	50	1,998952 (0,0069578)	1,996856 (0,0208734)	2,005108 (0,0216543)	1,992188 (0,0231066)	1,999871 (0,0093232)	1,998478 (0,0111687)						

Nota: Se presentan los errores estándar en paréntesis

Elaboración propia

## Apéndice C: Capítulo 4

En este apéndice demostramos que el modelo estudiado no tiene solución bajo tecnología de producción Cobb-Douglas con rendimientos constantes a escala para el bien final. También demostramos que el equilibrio en el mercado de factores implica el equilibrio en el mercado de bienes y que, con función de utilidad instantánea logarítmica, la decisión óptima de los individuos de la generación  $t$  no depende de  $R_{t+2}$ .

### C.1. El modelo con rendimientos constantes a escala

Vamos a demostrar que con tecnología de producción Cobb-Douglas y rendimientos constantes a escala, el modelo requiere de un mecanismo adicional para poder determinar cuáles agentes se vuelven trabajadores y cuáles emprendedores.

Para empezar, debemos notar que con rendimientos decrecientes a escala surge un mecanismo natural por el cual los recursos productivos se distribuyen entre las empresas. Este mecanismo no es más que la maximización de beneficios. Cada emprendedor demanda el capital físico y humano para el cual obtiene beneficios empresariales máximos.

Supongamos ahora que en el momento  $t$ , la función de beneficios de la empresa con productividad  $p$  cuyo dueño tiene habilidad  $a$  viene dada por:

$$b(p) = pH_p^\alpha K_p^{1-\alpha} - wH_p - RK_p,$$

donde  $0 < \alpha < 1$ . Hemos obviado los subíndices  $t$  para facilitar la notación, puesto que vamos a trabajar con un único periodo que será representativo para todos.

Bajo esta especificación de las condiciones de primer orden del problema de la empresa, solo tenemos la proporción óptima en la que se demanda  $K_p$  y  $H_p$ , de la cual podemos deducir que:

$$K_p = \frac{w}{R} \frac{1-\alpha}{\alpha} H_p.$$

Reemplazando este resultado en la función de beneficios empresariales, obtenemos la función de beneficios indirectos:

$$b(p) = \left[ p \left( \frac{w}{R} \right)^{1-\alpha} \left( \frac{1-\alpha}{\alpha} \right)^{1-\alpha} - \frac{w}{\alpha} \right] H_p.$$

Esto último implica que, para que el agente con habilidad  $a$  se vuelva emprendedor es necesario

que:

$$\left[ E[p|f(a, x_E)] \left( \frac{w}{R} \right)^{1-\alpha} \left( \frac{1-\alpha}{\alpha} \right)^{1-\alpha} - \frac{w}{\alpha} \right] > 0,$$

donde  $f(a, x_E)$  es la elección óptima de capital humano que realiza el agente con habilidad  $a$  si decide ser emprendedor.

Sin embargo, esta condición no es suficiente. Esto se debe a que, de cumplirse, los beneficios empresariales crecen indefinidamente a medida que aumenta el capital humano del que dispone la empresa. Por esta razón, si un individuo decide ser emprendedor, demandará todo el capital humano que tenga disponible al salario  $w$ . Entonces, dependiendo como se distribuya el capital humano entre las empresas, es posible que algunos emprendedores terminen obteniendo beneficio 0, por no disponer de capital humano, y decidan cambiar su decisión para ser trabajadores.

Más aún, si suponemos que el capital humano se distribuye de forma aleatoria entre las empresas, conforme a una determinada distribución de probabilidades, tampoco podemos determinar que agentes se vuelven trabajadores y que agentes se vuelven emprendedores. Esto se debe a que, para elegir entre trabajar o emprender, los agentes comparan la utilidad de trabajar contra la utilidad esperada de emprender. Pero en este caso, la utilidad esperada de emprender, la cual se forma en base a los beneficios empresariales que se ven influidos por la cantidad de capital humano disponible en la economía, termina dependiendo de quien se vuelve emprendedor y quien trabajador.

## C.2. Equilibrio en el mercado de bienes

En esta sección vamos a demostrar que, si un momento  $t$  el mercado de factores está en equilibrio, entonces el mercado de bienes también lo está. Esto lo haremos de la forma más general posible, sin especificar las formas funcionales para  $u$ ,  $f$ ,  $F$  y  $G$ .

Primero, empecemos recordando cómo están determinadas las ofertas agregadas de capital humano y capital físico en un momento  $t$ ,  $H_t^S$  y  $K_t^S$ , y como están formadas las correspondientes demandas agregadas,  $H_t^D$  y  $K_t^D$ :

$$H_t^S = \int_{a \in \Omega_t} f(a, x_{T,t-1}^{t-1}) dJ(a),$$

$$K_t^S = \int_{a \in \Omega_{t-1}} s_{T,t-1}^{t-2} dJ(a) + \int_{a \in \Omega_{t-1}} s_{E,t-1}^{t-2} dJ(a),$$

$$H_t^D = \int_{a \in \Omega'_t} \int_p H_{pt} dG(p, f(a, x_{E,t-1}^{t-1})) dJ(a),$$

$$K_t^D = \int_{a \in \Omega'_t} \int_p K_{pt} dG(p, f(a, x_{E,t-1}^{t-1})) dJ(a).$$

Debemos tener en cuenta, además, que la oferta agregada de bienes en el momento  $t$  viene dada por:

$$Y_t^S = \int_{a \in \Omega'_t} \int_p F(p, H_{pt}, K_{pt}) dG(p, f(a, x_{E,t-1}^{t-1})) dJ(a),$$

y que las demandas individuales de bienes en el momento  $t$  están dadas por el consumo y el ahorro de la generación  $t - 1$  y el consumo de la generación  $t - 2$ :

$$\begin{aligned} c_{i,t}^{t-1} + s_{i,t}^{t-1} &= \begin{cases} w_t f(a, x_{T,t-1}^{t-1}) & \text{si } i = T \\ b_t(p) & \text{si } i = E \end{cases} \\ c_{i,t}^{t-2} &= \begin{cases} R_t s_{T,t-1}^{t-2} & \text{si } i = T \\ R_t s_{E,t-1}^{t-2} & \text{si } i = E \end{cases}. \end{aligned}$$

Partiendo de la función de beneficios empresariales de una empresa con productividad  $p$  y reordenando términos, podemos escribir:

$$F(p, H_{pt}, K_{pt}) = b_t(p) - w_t H_{pt} - R_t K_{pt}.$$

Integrando esta expresión sobre todas las posibles empresas obtenemos la oferta agregada de bienes:

$$\begin{aligned} Y_t^S &= \int_{a \in \Omega'_t} \int_p b_t(p) dG(p, f(a, x_{E,t-1}^{t-1})) dJ(a) + \\ &\quad \int_{a \in \Omega'_t} \int_p w_t H_{pt} dG(p, f(a, x_{E,t-1}^{t-1})) dJ(a) + \int_{a \in \Omega'_t} \int_p R_t K_{pt} dG(p, f(a, x_{E,t-1}^{t-1})) dJ(a). \end{aligned}$$

Teniendo en cuenta que  $w_t$  y  $R_t$  no son variables aleatorias:

$$\begin{aligned} Y_t^S &= \int_{a \in \Omega'_t} \int_p b_t(p) dG(p, f(a, x_{E,t-1}^{t-1})) dJ(a) + w_t \int_{a \in \Omega'_t} \int_p H_{pt} dG(p, f(a, x_{E,t-1}^{t-1})) dJ(a) \\ &\quad + R_t \int_{a \in \Omega'_t} \int_p K_{pt} dG(p, f(a, x_{E,t-1}^{t-1})) dJ(a) = \\ &\quad \int_{a \in \Omega'_t} \int_p b_t(p) dG(p, f(a, x_{E,t-1}^{t-1})) dJ(a) + w_t H_t^D + R_t K_t^D. \end{aligned}$$

Dado que hemos supuesto equilibrio en el mercado de bienes, podemos reemplazar en la última

ecuación  $H_t^D$  y  $K_t^D$  por las correspondientes expresiones de  $H_t^S$  y  $K_t^S$  establecidas al comienzo de esta sección y escribir:

$$\begin{aligned} Y_t^S = & \int_{a \in \Omega'_t} \int_p b_t(p) dG(p, f(a, x_{E,t-1}^{t-1})) dJ(a) + \int_{a \in \Omega_t} w_t f(a, x_{T,t-1}^{t-1}) dJ(a) \\ & + \int_{a \in \Omega_{t-1}} R_t s_{T,t-1}^{t-2} dJ(a) + \int_{a \in \Omega'_{t-1}} R_t s_{E,t-1}^{t-2} dJ(a). \end{aligned}$$

En base a las demandas individuales dadas en el momento  $t$ , en esta última ecuación podemos hacer los siguientes reemplazos:

$$\begin{aligned} \int_{a \in \Omega'_t} \int_p b_t(p) dG(p, f(a, x_{E,t-1}^{t-1})) dJ(a) &= \int_{a \in \Omega'_t} (c_{E,t}^{t-1} + s_{E,t}^{t-1}) dJ(a), \\ \int_{a \in \Omega_t} w_t f(a, x_{T,t-1}^{t-1}) dJ(a) &= \int_{a \in \Omega_t} (c_{T,t}^{t-1} + s_{T,t}^{t-1}) dJ(a), \\ \int_{a \in \Omega_{t-1}} R_t s_{T,t-1}^{t-2} dJ(a) + \int_{a \in \Omega'_{t-1}} R_t s_{E,t-1}^{t-2} dJ(a) &= \int_{a \in \Omega_{t-1}} c_{T,t}^{t-1} dJ(a) + \int_{a \in \Omega'_{t-1}} c_{E,t}^{t-1} dJ(a). \end{aligned}$$

Finalmente, podemos escribir:

$$\begin{aligned} Y_t^S = & \int_{a \in \Omega'_t} c_{E,t}^{t-1} dJ(a) + \int_{a \in \Omega_t} c_{T,t}^{t-1} dJ(a) + \int_{a \in \Omega_{t-1}} c_{T,t}^{t-1} dJ(a) + \\ & \int_{a \in \Omega'_{t-1}} c_{E,t}^{t-1} dJ(a) + \int_{a \in \Omega'_t} s_{E,t}^{t-1} dJ(a) + \int_{a \in \Omega_t} +s_{T,t}^{t-1} dJ(a) = C_t + S_t = Y_t^D, \end{aligned}$$

donde  $C_t$  y  $S_t$  son el consumo y el ahorro agregados en el momento  $t$ , cuya suma genera la demanda agregada en dicho momento.

### C.3. Decisiones óptimas con función de utilidad instantánea logarítmica

Demostraremos en esta sección que, con función de utilidad instantánea logarítmica, las decisiones óptimas de los agentes de la generación  $t$  no dependen de  $R_{t+2}$ .

Ya hemos visto que, bajo la especificación logarítmica para la función de utilidad, las decisiones óptimas de tiempo dedicado a generación de capital humano y ahorro de los trabajadores vienen dadas por:

$$x_{T,t}^t = \frac{\beta + \beta^2}{1 + \beta + \beta^2},$$

$$s_{T,t+1}^t = \frac{\beta}{1 + \beta} w_{t+1} a x_{T,t}^t = \frac{\beta^2}{1 + \beta + \beta^2} a w_{t+1}.$$

Ninguna de estas decisiones óptimas depende de  $R_{t+2}$ .

Luego, podemos escribir la función de utilidad indirecta de los trabajadores de la generación  $t$ ,  $V_T^t$ , de la siguiente manera:

$$V_T^t(a, w_{t+1}, R_{t+1}, R_{t+2}) = \log\left(\frac{\beta + \beta^2}{1 + \beta + \beta^2}\right) + \beta \log\left(\frac{\beta}{1 + \beta + \beta^2} aw_{t+1}\right) + \beta^2 \log\left(\frac{\beta^2}{1 + \beta + \beta^2} aw_{t+1}\right) + \beta^2 \log(R_{t+2}).$$

Definiendo  $g(\cdot, f(a, x_t^t))$  como la función densidad de  $p$  dado  $f(a, x_t^t)$  y teniendo en cuenta que  $b_{t+1}(p)$  es función de  $w_{t+1}$  y  $R_{t+2}$ , podemos escribir la función de utilidad intertemporal de un emprendedor nacido en el momento  $t$  con habilidad  $a$  como:

$$U_E^t(a, x_t^t, s_{t+1}^t, w_{t+1}, R_{t+1}, R_{t+2}) = \log(1 - x_t^t) + \beta \int_p \log(b_{t+1}(p) - s_{t+1}^t) g(p, f(a, x_t^t)) dp + \beta^2 \int_p \log(s_{t+1}^t R_{t+2}) g(p, f(a, x_t^t)) dp.$$

Aplicando propiedades del logaritmo y de la integración definida, y teniendo en cuenta que  $R_{t+2}$  no es una variable aleatoria, por lo que  $\int_p \log(R_{t+2}) g(p, f(a, x_t^t)) dp = \log(R_{t+2})$  para todo  $f(a, x_t^t)$ , podemos reescribir la expresión anterior de la siguiente forma:

$$U_E^t(a, x_t^t, s_{t+1}^t, w_{t+1}, R_{t+1}, R_{t+2}) = \log(1 - x_t^t) + \beta \int_p \log(b_{t+1}(p) - s_{t+1}^t) g(p, f(a, x_t^t)) dp + \beta^2 \int_p \log(s_{t+1}^t) g(p, f(a, x_t^t)) dp + \beta^2 \log(R_{t+2}).$$

De esta última expresión, se deduce fácilmente que las condiciones de primer orden del problema del emprendedor no se verán afectadas por  $R_{t+2}$ . Esto implica que las decisiones óptimas de ahorro y tiempo dedicado a producir capital humano de los emprendedores tampoco dependerán de esta variable.

Dada la elección óptima de tiempo dedicado a producir capital humano de los emprendedores,  $x_{E,t}^t$ , la función de utilidad indirecta de los emprendedores de la generación  $t$  viene dada por:

$$V_E^t(a, w_{t+1}, R_{t+1}, R_{t+2}) = \log(1 - x_{E,t}^t) + \beta \int_p \log\left(\frac{1}{1 + \beta} b_{t+1}(p)\right) g(p, f(a, x_{E,t}^t)) dp + \beta^2 \int_p \log\left(\frac{1}{1 + \beta} b_{t+1}(p)\right) g(p, f(a, x_t^t)) dp + \beta^2 \log(R_{t+2}).$$

Por lo tanto, un agente con habilidad  $a$  decidirá ser trabajador si y solo si:

$$V_t^T(a, w_{t+1}, R_{t+1}, R_{t+2}) > V_E^t(a, w_{t+1}, R_{t+1}, R_{t+2}).$$

Pero esto se cumple si y solo si:

$$\log\left(\frac{\beta + \beta^2}{1 + \beta + \beta^2}\right) + \beta \log\left(\frac{\beta}{1 + \beta + \beta^2} aw_{t+1}\right) + \beta^2 \log\left(\frac{\beta^2}{1 + \beta + \beta^2} aw_{t+1}\right) > \log(1 - x_{E,t}^t) + \beta \int_p \log\left(\frac{1}{1 + \beta} b_{t+1}(p)\right) g(p, f(a, x_{E,t}^t)) dp + \beta^2 \int_p \log\left(\frac{1}{1 + \beta} b_{t+1}(p)\right) g(p, f(a, x_t^t)) dp$$

Por lo tanto, la decisión óptima entre emprender y trabajar para un individuo de la generación  $t$  con habilidad  $a$  no depende de  $R_{t+2}$ .