

Educación y su Relación con el Capital Humano: Análisis a través de Métodos de Medición

Henry Laverde Rojas

Tesis de Doctorado

Doctorado en Economía

Facultad de Ciencias Económicas

Universidad Nacional de La Plata

Director de Tesis: Dr. Adolfo Sturzenegger

Co-Director de Tesis: Dr. Facundo Crosta

La Plata, Mayo de 2015

Agradecimientos

El autor agradece muy especialmente a Adolfo Sturzenegger y Facundo Crosta por la orientación, comentarios y consejos en cada una de las etapas del desarrollo de esta tesis. Quiero agradecer a Leonardo Gasparini por la consecución de los datos del capítulo dos. A los comentarios hechos por comité de doctorado (Alberto Porto, Guido Porto, Walter Cont e Irene Brambilla) y, en general, a los realizados en los seminarios de doctorado (compañeros y profesores de la Facultad). También a las observaciones obtenidas de las reuniones anuales de AAEP. Finalmente, quiero agradecer y dedicar este enorme esfuerzo a mi familia, ellos han sido mi apoyo y motivación.

Índice general

Agradecimientos	I
1. Introducción	1
2. Capital humano y educación: un análisis desde el enfoque prospectivo para Latinoamérica	9
2.1. Introducción	10
2.2. Antecedentes	12
2.3. Metodología	14
2.4. Datos	19
2.5. Resultados	21
2.5.1. Clasificación de la población por características	21
2.5.2. <i>Stock</i> de Capital Humano	23
2.5.3. Evolución real del capital humano	27
2.5.4. Análisis de sensibilidad	29
2.5.5. Índice de Capital humano y educación	30
2.6. Conclusiones	34
2.7. Cuadros y figuras	37
3. La importancia relativa de la educación como determinante del capital humano: evidencia mediante el uso de mínimos cuadrados parciales	51
3.1. Introducción	52
3.2. Ventajas y limitaciones de PLS-PM	54
3.3. Estimación del índice de capital humano	56

3.3.1. Especificación del modelo	56
3.3.2. Aclaraciones y limitaciones del modelo propuesto	62
3.4. Estimación de resultados y validez de los modelos	67
3.4.1. Modelo de medida	67
3.4.2. Modelo interno	69
3.4.3. Índice del Capital humano	73
3.4.4. Análisis de sensibilidad	79
3.4.5. Comparación del índice con años promedios de educación	82
3.5. Conclusiones y discusión	83
3.6. Cuadros y figuras	86
4. Educación, Capital Humano y Crecimiento Económico: una revisión en sección cruzada y paneles dinámicos	103
4.1. Introducción	104
4.2. Índice de capital humano	106
4.3. Capital humano y crecimiento económico en sección cruzada	110
4.3.1. Descripción de los datos y discusión de resultados	113
4.3.1.1. Datos	113
4.3.1.2. Resultados	114
4.4. Capital humano y crecimiento económico en paneles dinámicos	118
4.4.1. Resultados	120
4.5. Conclusiones	125
4.6. Cuadros y figuras	127
5. Conclusiones	142
A. Cuadros	148
B. Algoritmo del Modelo PLS-PM	151
Bibliografía	156

Índice de cuadros

2.1. Distribución del capital humano por características de individuos (% para 2006)	38
2.2. Componentes del crecimiento del capital humano	39
2.3. Análisis de sensibilidad para diferentes tasas de crecimiento y descuento, Costa Rica 2006	40
2.4. Efectos de componentes claves sobre el capital humano	40
2.5. Estadísticas descriptivas	41
3.1. Evaluación de Unidimensionalidad	89
3.2. Resultados del modelo externo	89
3.3. Evaluación discriminante	89
3.4. Evaluación del modelo Interno	90
3.5. Modelo estructural base - coeficientes de ruta y efectos	91
3.6. Modelo estructural modificado - coeficientes de ruta y efectos	92
3.7. Contribución de los diferentes bloques en explicar a ICH	93
3.8. Índice de Capital Humano estimado: 1970-2010	94
3.9. Índice de Capital Humano estimado: Zonas geográficas. 1970-2010	95
3.10. Pesos y cargas del Modelo PLS-PM	96
3.11. Estadísticas descriptivas del bloque de ICH	96
3.12. Modelo estructural: Análisis de sensibilidad	97
3.13. Modelo estructural: Análisis de sensibilidad	98
3.14. Análisis de sensibilidad para ICH con inclusión de C-I+D y TEST	99
3.15. Scores para el ICH estimado por país, $n = 91$	100

3.16. Scores para el ICH estimado por país, $n = 44$	101
3.17. Correlaciones del ICH y APE con variables relevantes para el Capital Hu- mano	102
4.1. Correlaciones entre diferentes medidas de capital humano	128
4.2. Diferentes medidas de capital humano para el análisis de regresión básico como determinantes del crecimiento económico por MCO	129
4.3. Estadísticas descriptivas para <i>ich</i> y APE y correlación con crecimiento económico	130
4.4. Análisis de regresión para el crecimiento económico por MCO	131
4.5. Análisis de regresión para el crecimiento económico por MGM	132
4.6. Análisis de regresión para el crecimiento económico - VI basada en Hete- rocedasticidad	133
4.7. Media y variación de ICH y APE	134
4.8. Análisis de sensibilidad - por periodos	135
4.9. Análisis de sensibilidad - por muestra de países	136
4.10. Estimación por Sistema MGM (muestra completa)	137
4.11. Análisis de sensibilidad (Diferentes periodos, 1970-1990)	138
4.12. Análisis de sensibilidad (Diferentes periodos, 1991-2010)	139
4.13. Análisis de sensibilidad (Diferentes muestras)	140
A.1. Lista de Países	149
A.2. Definición de variables y fuentes	150

Índice de figuras

2.1. Tasas de empleo para hombres - Colombia 2006	41
2.2. Tasas de empleo para mujeres - Colombia 2006	42
2.3. Ingresos anuales Colombia - 2006 (Millones de pesos)	42
2.4. Ingresos de toda la vida - hombres por nivel educativo, Colombia - 2006	43
2.5. Ingresos de toda la vida - mujeres por nivel educativo, Colombia - 2006	43
2.6. Ratio stock de capital humano a PIB nominal – 2006	44
2.7. Valores promedios de la participación laboral por niveles de desarrollo.	44
2.8. Valores de la participaciones laboral y no laboral para países latinoameri- canos.	45
2.9. Años promedios de educación para población adulta, 1970-2010.	46
2.10. Ratio stock de capital humano a capital físico – 2006	47
2.11. Ratio stock de capital humano a PIB nominal Países de OECD– 2006	47
2.12. Índices de volúmenes del stock de capital humano, población y capital hu- mano per cápita.	48
2.13. Índices de volúmenes del stock de capital humano, población y capital hu- mano per cápita (Continuación).	49
2.14. Correlaciones entre variables claves para el capital humano	50
3.1. Diagrama de ruta para el modelo PLS PM de capital humano	87
3.2. Contribución de los diferentes bloques en explicar las VL's endógenas	87
3.3. Función de densidad Kernel para el Capital Humano	88
4.1. Relación entre las variaciones del capital humano y la tasa de crecimiento	141

Capítulo 1

Introducción

Esta tesis consiste de tres ensayos empíricos alrededor del campo de la educación y el capital humano, que serán desarrollados en los capítulos dos, tres y cuatro. Aunque los ensayos están relacionados estrechamente son auto-contenidos, por lo que pueden leerse de manera independiente. La discusión se plantea alrededor de tres importantes aspectos: *i)* la importancia de la educación como determinante del capital humano, *ii)* la medición apropiada de este *stock* y *iii)* el uso práctico de *proxies* del capital humano. La hipótesis central es que el capital humano, por ser una noción que abarca una amplia variedad de dimensiones, no puede ser caracterizado de manera apropiada por una simple variable basada en educación formal, más aún si presenta serias limitaciones en espacio y tiempo.

Antes de iniciar un recuento breve de cada uno de los capítulos, en esta introducción se describe de manera general el problema alrededor de la medición del capital humano y sus aplicaciones.

Aunque el concepto de capital humano se remonta a [Smith \(1937\)](#), solo empieza a tomar importancia a partir de los trabajos de [Schultz \(1961\)](#), [Becker \(1964\)](#) y [Mincer \(1974\)](#), quienes inician la descripción de los beneficios que genera este stock (aumenta la productividad de los trabajadores, y su capacidad para absorber y generar nueva tecnologías, etc.) y, luego, mediante aplicaciones empíricas, particularmente de crecimiento económico ([Romer, 1990](#); [Lucas, 1998](#); [Barro, 1991](#); [Mankiw et al., 1990](#), entre otros) de los impactos que produce. No obstante, aún se discuten temas como el modo de medirlo y la importancia relativa de los elementos que lo componen. Los resultados encontrados por [Kyriacou \(1991\)](#),

Wolff (2000), Bils y Klenow (2000) plantean dudas sobre el verdadero potencial del capital humano. Por su parte, Cohen y Soto (2007) han reiterado que la mala estimación de este *stock* puede explicar los resultados adversos en los estudios.

A pesar de su carácter multidimensional, la medición del capital humano ha sido confinada casi que exclusivamente a la educación formal. Al respecto la literatura reporta una vasta utilización de la educación formal para cuantificar y evaluar la producción del capital humano (Romer, 1990; Azariadis y Drazen, 1990; Psacharopoulos y Arriagada, 1986; Psacharopoulos, 1994; Barro, 1991; Kyriacou (1991); Lau et al., 1991; Mankiw et al., 1990; Levine y Renelt (1992); Barro y Lee, 1993; Nehru et al., 1995; Gemmell, 1996; Hanushek y Kimko, 2000; Wößmann, 2003).

Una de las razones más importantes para esta práctica es la creencia de que la educación formal es el componente más importante del capital humano, que además genera externalidades positivas en la sociedad. No obstante, la más importante es la relativa facilidad en la consecución de los datos, lo cual ha permitido la construcción de paneles para una muestra amplia de países haciendo posible las comparaciones internacionales.

Sin embargo, las habilidades y conocimientos que se adquieren en la escuela, la empresa, la familia, y en general en los contextos en los que se desarrollan los individuos, determinan los niveles efectivos de capital humano, tanto en cantidad como en calidad. Las empresas, las familias y los contextos cercanos a los individuos, los cuales están vinculados e influenciados por acontecimientos sociales y económicos, así como por las instituciones y políticas públicas, generan y determinan en conjunto una variedad de habilidades y destrezas que van más allá de las relacionadas con la educación formal. Estas propiedades deben ser tenidas en cuenta no solo para estimar este *stock*, sino también para posteriormente evaluar su incidencia sobre otras variables. En la tesis se evalúa el por qué otras inversiones en capital humano reciben tan poca atención en la literatura.

Algunos autores han señalado varias limitaciones de las variables basadas en escolaridad como medida del capital humano (Hanushek y Kimko, 2000; Le et al., 2003; Folloni y Vittadini, 2010). Los años promedio de educación, la variable más utilizada en la literatura, asume incorrectamente linealidad en los retornos esperados de este tipo de inversiones, que los sistemas educativos de los países son iguales en espacio y tiempo, deja por fuera aquellos individuos que no reportan escolaridad pero que pueden ser altamente productivos

(mediante compensaciones en experiencia, por ejemplo), no corrige por calidad, entre otros aspectos a considerar.

Un problema que ha sido poco tratado con respecto a los años promedio de escolaridad es que, por su propia naturaleza la educación está acotada alrededor de cierto nivel. En efecto, por una razón fisiológica de los individuos la educación no puede crecer indefinidamente, más cuando la relación costo beneficio, presente en este tipo de inversiones, puede hacer que incrementos más allá de ciertos umbrales tiendan a cero. La evidencia respalda estas afirmaciones cuando se observa que los incrementos de los años promedio en educación a nivel mundial son positivos pero decrecientes particularmente a partir de los años ochenta. En el largo plazo, los países en desarrollado tienden a desacelerarse una vez son alcanzados los niveles registrados por aquellos más desarrollados. Mientras todo esto pasa, las diferencias son más marcadas entre ellos en términos de productividad, resultados en calidad educativa, generación de nuevo conocimiento, etc.

Ante los problemas y limitaciones presentes en las variables educativas, la tesis se propone responder los siguientes interrogantes de investigación: ¿puede una variable educativa, como años promedio de educación, explicar por si sola y de manera confiable el comportamiento del capital humano? ¿En qué grado incide en su determinación? ¿Cuál es su función en relación con otros tipos de inversión? ¿Hasta qué punto se especifica correctamente la relación entre educación y capital humano? Estos interrogantes no han sido absueltos satisfactoriamente en la literatura por lo que serán la piedra angular de los ensayos presentados en esta tesis. Paralelamente se busca dar respuesta a los siguiente: ¿es posible incorporar sistemáticamente, en una sola métrica, los diferentes componentes del capital humano de tal manera que se acerque a la noción definida para este?, de ser así, ¿Puede esta medida proporcionar información más adecuada sobre cómo se manifiestan los beneficios de la acumulación de capital humano?

El modo de abordaje es la construcción de medidas alternativas de capital humano, de tal manera que se incorpora en la estimación el mayor número posible de variables que determinan y reflejan al capital humano, entre ellas las variables educativas, para evaluar su importancia relativa en espacio y tiempo. Esta manera de operar permite ubicar los logros educativos en perspectiva en relación con otro tipo de inversión, ya que mide la influencia conjunta de los factores que determinan el capital humano. Al mismo tiempo se evitan

sesgos que se presentan cuando la variable educativa es evaluada de manera aislada, por cuanto mucho de los efectos producidos por esta variable provienen indirectamente de las otras variables que la condicionan, como es el caso de la salud o los antecedentes de los hogares.

La estructura general de la tesis se plantea de la siguiente manera: los dos primeros ensayos tratan sobre la medición del capital humano como instrumento para evaluar el papel de los logros educativos. Aunque se emplean diferentes técnicas, estas son complementarias en términos de los objetivos planteados. En este sentido, aunque el primer método deja algunos vacíos (lo dispendioso de su aplicación genera que la disponibilidad de datos restrinja el análisis a unos cuantos países y no permita evaluar endógenamente importantes elementos que participan en la formación del capital humano, si bien contenidos implícitamente en su estructura interna), son tratados en el segundo ensayo de manera más prolija, mediante una técnica más sofisticada y comprensiva. La metodología empleada en el segundo ensayo tiene la ventaja de posibilitar la obtención de una serie extensa de un indicador compuesto con una cobertura amplia de países de diferentes niveles de desarrollo, lo que permite posteriormente evaluar su comportamiento en relación con la variable tradicional, años promedio de educación, mediante una aplicación empírica que fue realizada en el último ensayo. La tesis termina con unas conclusiones generales y los aportes a la literatura.

En el segundo capítulo se estima el valor del *stock* de capital humano para diez países latinoamericanos, mediante una metodología no paramétrica basada en la estimación del capital físico. La medida, que cuenta con amplia trayectoria, descansa sobre el poder del mercado para identificar y valorar elementos clave del capital humano. La medición se realizó mediante la utilización de encuestas de hogares a partir de la clasificación de los individuos por características poblacionales de acuerdo con su remuneración salarial. La estimación se efectuó suponiendo que el valor del capital humano para un individuo es igual al valor presente de los ingresos que generará a lo largo de su ciclo de vida. Esta metodología permite observar al capital humano tanto en volúmenes como en tasas de crecimiento, fijando el aporte de cada variable. De esta manera se realiza una primera evaluación de los logros educativos en la formación del capital humano al interior del método. Los resultados revelan que la educación es el factor que en promedio ha hecho posible tasas positivas en el crecimiento del capital humano, al compensar los efectos negativos del envejecimiento

poblacional. Aunque el periodo analizado es demasiado corto para sacar conclusiones definitivas, diez años en promedio, se observa que tales beneficios tienden a agotarse en el tiempo a medida que las tasas de crecimiento de la educación se desaceleran.

Por otro lado, el impacto generado por la educación en la determinación del indicador creado puede estar sobrevalorado, dado que la metodología empleada no contempla otros factores importantes que inciden en la medida. La educación podría recogerlos como efecto residual al estar supeditada a ellos. Es el caso de la salud, que no solo impacta directamente en las remuneraciones salariales de los trabajadores, sino también en la propia educación. Aunque las valoraciones hechas por el mercado dan una mayor ponderación a los individuos más sanos y, por lo tanto, más productivos, dado los vacíos de información estos efectos no pueden ser determinados explícitamente por la metodología. De esta manera, se emplea un modelo de datos de panel para controlar y relativizar la importancia de los logros educativos en relación con factores no incluidos endógenamente en la estimación del *stock* del capital humano. La evidencia muestra que variables relacionadas con los recursos destinados a la formación de capital humano y la salud pueden incidir más que los logros educativos.

El tercer capítulo aborda el tema de la medición del capital humano bajo una perspectiva más amplia que integra los dos enfoques más importantes. El primer enfoque tiene en cuenta que la acumulación del capital humano necesita de una serie de insumos que incluyen, entre otros, la educación formal, la salud, etc. Este enfoque supone que la relación entre insumos y capital humano es estrecha y, por lo tanto, que aproximarlos mediante alguno de ellos recogerá de manera confiable el comportamiento de este último. El segundo enfoque reconoce que la acumulación de este tipo de capital se verá reflejada posteriormente en los rendimientos de los individuos (tales como productividad, capacidad de absorber y generar nuevas tecnologías, etc.). De nuevo, la aproximación al capital humano se realiza mediante una perspectiva unidimensional empleando una variable de rendimiento. Con el ánimo de superar muchas de las limitaciones de los enfoques unidimensionales, este capítulo fusiona estas dos ramas de medición del capital humano al incorporar el mayor número de variables que se conectan a este concepto. Así, para guardar coherencia en la función de producción del capital humano, se calcula un índice mediante un sistema de ecuaciones que somete las variables de rendimiento a los efectos de los insumos requeridos para la acumulación de

este *stock*. Adicionalmente, el sistema tiene en cuenta que muchas de las condiciones, tanto de las variables de insumo como de rendimiento, van a depender directa o indirectamente de factores institucionales, sociales y económicos de los países.

Este capítulo es el principal aporte de la tesis, por cuanto se configura un indicador que es más próximo a la noción establecida para el capital humano respetando tres de sus características fundamentales: abstracto, multidimensional y direccional. Es un esfuerzo por incorporar en una sola métrica el mayor número de variables disponibles a nivel internacional, bajo una visión macro y con el mayor número posible de países con diferentes niveles de desarrollo. Además, evalúa el grado de importancia de los logros educativos en espacio y tiempo como determinante del capital humano de manera endógena.

Los principales resultados son los siguientes: el valor de la educación como determinante de los rendimientos del capital humano va a depender de la zona geográfica, del condicionamiento y del periodo al cual se someta. Al sumar los efectos indirectos que se producen en las retroalimentaciones del sistema, los logros educativos presentan una igual o menor importancia que los factores relacionados con las condiciones socioeconómicas de los países, los recursos destinados por los hogares y la salud de los individuos. Esto iría en contra de la literatura que utiliza una variable educativa y supone que esta recoge el mayor porcentaje de la esencia del capital humano. Adicionalmente, se da evidencia de que la educación está perdiendo poder de explicación en el tiempo. Las limitaciones señaladas anteriormente en los logros educativos parecen estar imprimiendo una dinámica que incide significativamente en el poder que tiene la educación para determinar al capital humano.

En el capítulo cuarto se pone a prueba el indicador creado al compararlo con la variable tradicional años promedio de educación en una aplicación empírica alrededor del crecimiento económico. La evaluación se realiza en dos contextos diferentes, sección cruzada y datos de panel. Los serios problemas de endogeneidad que presenta este tipo de estimaciones, hacen necesario el uso de variables instrumentales. Sin embargo, la consecución de instrumentos es un tema complejo porque estos podrían ser inválidos o débiles, lo que lleva a exacerbar el sesgo ([Aghion y Durlauf, 2005](#)). De esta manera se emplean dos técnicas que permiten optimizar la información contenida en la base de datos. En primera instancia, mediante una novedosa técnica propuesta por [Lewbel \(2012\)](#), se logra la identificación

en sección cruzada en la que se aprovecha la heterocedástidad de los errores. En segundo lugar se emplea una técnica en paneles dinámicos de sistemas MGM. Los resultados avalan el buen comportamiento de la medida creada particularmente en sección cruzada, debido a que esta se muestra siempre superior a la variable educativa basada en cantidad, con un fuerte impacto, significativa y robusta en las diferentes especificaciones. En paneles dinámicos, a pesar de que en algunas especificaciones la identificación no se logra de manera satisfactoria, se puede afirmar que en términos generales también muestra un buen funcionamiento.

Por otro lado, al examinar la importancia de los años promedio de educación como determinante del crecimiento económico para dos diferentes periodos, se observa que esta variable ha perdido significancia y robustez. En efecto, la evidencia señala que antes de la década de los noventa, la educación fue un factor determinante en el crecimiento económico, avalado por su buen comportamiento, tanto en sección cruzada como en paneles dinámicos. No obstante, a partir de este periodo dejó de serlo y perdió dinamismo y significancia. Estos resultados van en línea con los ya encontrados en el capítulo precedente.

Mientras tanto, el indicador creado parece comportarse bien en ambos periodos, caracterizando mejor la influencia que tiene el capital humano sobre el crecimiento económico. Ante los problemas que presenta esta variable en paneles dinámicos (pérdida de significancia en algunas especificaciones o no alcanzar la identificación plena en otras) es importante señalar lo siguiente: En primer lugar, esto puede ser una señal de que esta variable puede sufrir, en una proporción menor a la de años promedio de educación, una pérdida de dinamismo en el tiempo, pues después de todo es construida e influenciada, en parte, por los mismos logros educativos y por algunas variables que muestran tendencias similares. Esto se convierte en un aviso para la política pública, en la medida en que el crecimiento económico va a depender más de variables basadas en calidad que en programas observados de aumento efectivo en cantidad. En segundo lugar, también puede ser un problema econométrico, pues se ha mencionado que este tipo de modelos son altamente sensibles a especificaciones, muestras e instrumentos utilizados más que ninguna otra técnica econométrica ([Roodman, 2009](#)).

Ahora bien, los hechos estilizados muestran que el indicador creado no solamente revela tasas positivas sino también crecientes para los países en desarrollo, mientras que las

tasas para años promedio de educación son decrecientes sin importar el nivel de desarrollo. El indicador creado incluye variables relacionadas con los rendimientos del capital humano que muestran grandes diferencias entre los dos bloques, con lo cual para los menos desarrollados incrementos marginales pueden ser más significativos. Los resultados respaldan esta evidencia dilucidando que la variable creada muestra un mejor comportamiento que la variable educativa tanto en sección cruzada como en paneles dinámicos.

Capítulo 2

Capital humano y educación: un análisis desde el enfoque prospectivo para Latinoamérica

Resumen

Este capítulo tiene como objetivo evaluar el componente educativo como determinante del capital humano frente a otro de tipo de inversiones que guardan relación con la formación de este *stock*. En primer lugar, se estima el valor de capital humano para una muestra de diez países latinoamericanos desde la perspectiva del rendimiento, implementando un método no paramétrico conocido como prospectivo. Luego, a través de descomposiciones parciales se examina la contribución de la educación en los volúmenes de capital humano. Finalmente, se recurre a un modelo de datos de panel para evaluar el efecto de la educación frente a otras variables no incluidas explícitamente en el modelo prospectivo. Los resultados indican que los efectos positivos de la educación tienden a agotarse en el largo plazo. Asimismo, el impacto que tiene la educación en la formación del capital humano disminuye y es de menor cuantía cuando se relativiza con otras formas de inversión, particularmente las relacionadas con la salud y los recursos destinados por los hogares.

2.1. Introducción

A partir de los trabajos seminales de [Schultz \(1961\)](#), [Becker \(1964\)](#) y [Mincer \(1974\)](#) se cuenta con una sólida teoría sobre los determinantes del capital humano. Aunque hay buenas razones para asignar a la educación un papel preponderante en la determinación del capital humano, a nivel macroeconómico no se ha analizado empíricamente hasta qué punto logra por si sola caracterizar este *stock*. Sin embargo, tácitamente se ha establecido que esta dimensión agrupa la fracción más importante del capital humano relegando el papel de otros tipos de inversiones en la formación de este *stock*. La ausencia de estudios se debe en parte al vacío de medidas apropiadas del capital humano.

El objetivo de este capítulo es abordar estos dos problemas: estimar de manera consistente una serie de capital humano y, luego colocar en perspectiva el papel que juega la educación en la formación de este, frente a otro tipo de inversiones. La literatura ha evaluado las dimensiones del capital humano de manera aislada y con el ánimo de determinar su efecto sobre otras variables, tales como el crecimiento económico. Esta práctica puede dar una visión parcial del fenómeno. Las dimensiones del capital humano desempeñan papeles diferentes en la formación del mismo y solo su influencia conjunta puede asegurar una explicación consistente. La salud, por ejemplo, proporciona una plataforma para un mejor aprovechamiento de las condiciones innatas de los individuos y tiene efectos catalizadores sobre la educación. De ahí que la educación formal por si sola no proporcione información suficiente del mejor aprovechamiento de esta forma de capital humano, dado que está supeditado a la salud. Por lo tanto, establecer la importancia relativa de los determinantes del capital humano puede confirmar o no el uso apropiado de las variables educativas como único elemento en la aproximación confiable de este *stock*.

El primer obstáculo en esta tarea es contar con una medida de capital humano que refleje de manera comprensiva el concepto, para luego vincularlo a sus determinantes y evaluar la importancia relativa de cada uno de ellos. En este capítulo se confía en un método conocido en la literatura como ingreso laboral de toda la vida o prospectivo. Aprovechando las características del rendimiento del capital humano, la técnica intenta superar algunas limitaciones que están presentes en otros métodos, al tener en cuenta las evaluaciones hechas

por el mercado de elementos clave de este *stock*¹. Aunque la medida cuenta con una larga trayectoria, su implementación ha sido limitada a países desarrollados². Este vacío de la literatura se suple con la aplicación a una muestra de países latinoamericanos. El método prospectivo constituye una buena alternativa de medición del capital humano y una buena herramienta para evaluar la importancia relativa de la educación. Además, como señala [Jones y Chiripanhura \(2010\)](#), contribuye a la presentación de medidas experimentales del capital humano que son relevantes para: (i) la explicación de la evolución de la productividad; (ii) el debate de la política pública en educación; y (iii) la medición de bienestar.

A partir del método se divide la fuerza laboral en diferentes cohortes (diferenciándolos por género, edad y niveles de educación), para obtener una estimación de volúmenes de capital humano y su distribución en espacio y tiempo para diez países latinoamericanos (Argentina, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Honduras, México, Perú, Paraguay y Uruguay). Esta distribución permite evaluar el papel que juega la educación dentro de la medida, en relación con otras características de la población. Aunque la técnica puede segmentar la población en más características, la disponibilidad de los datos limita esta tarea. Por tal motivo, la estimación no permite observar directamente componentes importantes como salud, experiencia, educación informal, etc. Con el ánimo de hacer explícito el papel de estas variables en relación con el índice creado y compararlo con el de la educación, se emplea un modelo de datos de panel. Aunque el modelo presenta un potencial problema de endogeneidad, no es abordado en este capítulo dado que, por un lado, puede ser discutible la utilización de variables instrumentales ([Aghion y Durlauf, 2005](#)) y, por otro, la implementación de técnicas más sofisticadas requiere de una muestra más amplia de países y periodos³. Con todo, este análisis podría ilustrar sobre el posible sobredimensionamiento que se le da a las variables educativas.

Además de esta sección, el documento se compone de los siguientes contenidos: en la sección 2.2 se presentan los antecedentes en la aplicación del método prospectivo; en la

¹Cuando una empresa alquila mano de obra de un trabajador está pagando por un paquete completo de cualidades incorporadas en los individuos, y no por una de ellas, como los años de educación. En este sentido los salarios reflejarán la valoración de la empresa del paquete completo de cualidades.

²Una excepción es el trabajo de [Coremberg \(2010\)](#) quien implementa el método de JF para Argentina entre 1997-2004.

³Este sería en caso de paneles dinámicos desarrollado por [Arellano y Bond \(1991\)](#), [Arellano y Bover \(1995\)](#) y [Blundell y Bond \(1998\)](#).

2.3 se describen los aspectos metodológicos alrededor del método; en la 2.4 se describe la construcción de los datos necesarios para la implementación del mismo; en la sección 2.5 se presentan los resultados y se hacen algunas comparaciones con otros estudios; finalmente, en la sección 2.6 se concluye.

2.2. Antecedentes

Dos enfoques basados en la manera cómo se estima el capital físico son utilizados para la consecución del valor monetario del capital humano; uno está basado en los costos y se calcula tomando en cuenta los desembolsos realizados en cada etapa de inversión⁴. El segundo es el enfoque basado en aquellos ingresos que generará la inversión de este *stock*, denominado prospectivo o ingresos de toda la vida, y fue perfeccionado en su última etapa por Jorgenson y Fraumeni (1989, 1992), en adelante JF.

Este segundo enfoque estima el valor monetario del capital humano desde la perspectiva de resultado, es decir el rendimiento que generan las inversiones en capital humano a lo largo del ciclo vital de los individuos, traducido en el flujo de ingresos a través de su remuneración laboral. Este método descansa fuertemente en las bondades del mercado. Se supone que en competencia perfecta y certidumbre, en las que la remuneración de los factores refleja su productividad marginal, el mercado es el que mejor valora la productividad de la fuerza laboral, si se tiene en cuenta muchos aspectos en las valoraciones, incluidas las relacionadas con las habilidades, destrezas, etc.

La medición del *stock* del capital humano es más compleja que la del capital físico, por cuanto es intangible y por lo tanto debe hacerse de manera indirecta. Al igual que en el caso del capital físico, el método JF supone que el valor monetario del capital humano es igual al valor presente de los ingresos que se generarán en la inversión de dicho capital. El aporte significativo de JF es que estos dos autores simplificaron el cálculo del valor presente, al considerar que el ingreso que recibe un individuo es igual a su ingreso corriente más el ingreso de una persona de las mismas características con un año más de edad.

⁴El enfoque tradicional en este caso es el de inventario perpetuo. Laroche et al. (1999), Le et al. (2003) y Folloni y Vittadini (2010) hacen un revisión exhaustiva de la literatura alrededor de la medición de este *stock*.

Las primeras estimaciones de [Jorgenson y Fraumeni \(1989\)](#) incluían cálculos de actividades no laborales, lo que ha sido criticado por cuanto genera subjetividades difíciles de minimizar y sesga los resultados. Además, para muchos países esta tarea se convierte en un desafío, en algunos casos en algo imposible, por cuanto valorar las actividades que están fuera del mercado laboral es complejo, dado los vacíos de información. La implementación empírica de su método muestra resultados sorprendentes. Para los Estados Unidos, asumiendo una tasa de crecimiento del 2% y una tasa de descuento del 4%, revela que el valor del capital humano es más grande entre 12 y 16 veces que el capital físico.

Desde esta primera aplicación son varios los autores que han contribuido a la implementación empírica de la metodología, particularmente para países desarrollados. El vacío de literatura para países en desarrollo puede ser explicado por los datos que son necesarios en su implementación, los cuales no siempre se encuentran disponibles o no son consistentes para estos países. [Ahlroth et al. \(1997\)](#) demuestra que el método de JF puede ser utilizado con microdatos porque resuelve los problemas relacionados con la pérdida significativa de valores, al utilizar técnicas econométricas para calcular los valores perdidos de ingresos, tasas de matrícula y empleo (su estudio es una aplicación para Suecia en la que solo se cuenta con 6.000 individuos para 2.196 cohortes). Con el uso de estas técnicas se confirman los resultados de [Jorgenson y Fraumeni \(1989\)](#), en los que incluso, en las estimaciones más modestas, el *stock* de capital humano se encuentra entre 6 y 10 veces el tamaño del capital físico.

[Wei \(2004, 2008a,b\)](#) realiza ciertas modificaciones a algunos supuestos del enfoque original de JF. Una modificación importante es la restricción del análisis a las actividades de mercado y a las edades laborales, por cuanto estima que la población incluida en estos grupos es la de mayor importancia en su impacto sobre las actividades económicas. Arguye que centrándose en las actividades de mercado se puede evaluar la contribución que las tasas de participación laboral tienen sobre el crecimiento del *stock* del capital humano, medida a través de los ingresos laborales de toda la vida.

[Wei \(2008a,b\)](#) también considera que un problema con el método de JF es que la estimación de los ingresos laborales de toda la vida, basada en información de sección cruzada, está sujeta a efectos del ciclo económico de corto plazo. Esto tendería a subestimar el valor en épocas de recesión y a sobreestimarlos en expansión económica. [Wei \(2008b\)](#) corrige

este problema usando un método de media móvil, para derivar los perfiles de ingresos en el tiempo para todos los grupos.

Gu y Wong (2008, 2010) han implementado la técnica de JF sumando elementos adicionales para analizar los volúmenes del capital humano en términos espaciales y temporales. En particular utilizan el índice de Tornqvist para compararlo en términos reales en el tiempo, lo que permite descomponer las contribuciones de sus partes.

Algunas aplicaciones del método han sido hechas para Australia (Wei, 2004, 2008a,b), Noruega (Ervik et al., 2003 y Liu y Greaker, 2009), Nueva Zelanda (Le et al., 2003), Canada (Gu y Wong, 2008, 2010), Argentina (Coremberg, 2010), Reino Unido (Jones y Chiripanhura, 2010), Estados Unidos (Christian, 2011), China (Li et al., 2013) y Holanda (Rensman, 2013).

Sin embargo, a nivel internacional la aplicación más consistente es la realizada por la OCDE, quienes iniciaron un proyecto en forma de consorcio internacional en el 2009, para estimar el *stock* de capital humano bajo la metodología de JF para países pertenecientes a la OCDE y con el ánimo de realizar análisis comparativos tanto entre países como en el tiempo. Los resultados para varios países desarrollados fueron presentados por Liu (2011).

2.3. Metodología

La metodología y los supuestos de este capítulo siguen de cerca a Liu (2011), con el ánimo de hacer comparaciones entre miembros de la OCDE y esos países en desarrollo. Aunque el enfoque utilizado se basa en la idea original propuesta por Jorgenson y Fraumeni (1989, 1992), presenta algunas modificaciones. En principio se aleja de la valoración de las actividades que no se incluyen en el mercado. Esto se hace, en virtud no solo de la dificultad en la obtención de los datos⁵, sino porque se consideran las actividades de mercado como las más importantes para evaluar la capacidad productiva de la población (Wei, 2008a,b).

En términos generales, el método consiste en tres pasos importantes (Liu, 2011). El primero es la construcción de una base de datos que contenga el valor económico de las actividades laborales de mercado para varias categorías de personas. Para la construcción

⁵La estimación consistente de estas actividades implicaría la obtención de precios y tiempo destinado a ellas, vea por ejemplo Jorgenson y Fraumeni (1992) para una discusión detallada de este punto.

de estos datos se necesita disponer de información sobre el número de personas, ingresos laborales, tasas de empleo, matrícula y sobrevivencia. Esta información debe ser clasificada y cruzada por género, edad y nivel educativo. Sin embargo, no toda la información está disponible para categorizarla de esta manera, por ejemplo, las tasas de sobrevivencia solo están disponibles para diferentes edades y género, lo cual hace necesario suponer que la influencia ejercida por la escolarización sobre estas tasas se mantiene constante (Liu, 2011).

El segundo es la aplicación de un algoritmo que permita calcular los ingresos de toda la vida de un individuo representativo, en términos de: edad a , sexo s y nivel educativo e . El supuesto clave es que un individuo con una edad, género y nivel educativo determinado, tendrá el mismo ingreso laboral en el periodo $t + 1$, que un individuo con las mismas características en un periodo t pero con un año más de edad (Liu, 2011).

El valor presente de los ingresos de toda la vida puede ser visto como un valor esperado, en el cual las ponderaciones probabilísticas estarán determinadas por las tasas de empleo y las de sobrevivencia. Formalmente, el capital humano promedio h , definido como el valor presente de los ingresos laborales de toda la vida, de todos los individuos con edad a ⁶ (para $a = 16, 17, \dots, 62$), y con nivel educativo e_j ⁷ (para $j = 1, 2, 3$), es el siguiente:

$$h_a^{e_j} = E_a^{e_j} Y_a^{e_j} + S_{a+1} h_{a+1}^{e_j} d \quad (2.1)$$

donde, E es la tasa de empleo, Y es el ingreso laboral anual promedio de los trabajadores, S es la tasa de sobrevivencia, definida como la probabilidad de vivir un año más de la edad a , $d = (1 + g)/(1 + i)$, g es la tasa de crecimiento anual del ingreso real e i es la tasa de descuento anual.

A pesar de que la ecuación 2.1 abarca a muchas personas de la población, existen otras que buscan mejorar sus ingresos actuales a través de más años de escolarización y, por lo

⁶Para individuos menores a 16 años y mayores de 62 años, la edad correspondiente a la edad de jubilación promedio, el ingreso laboral de toda la vida es cero, dado que se supone que estas personas no se encuentran en el mercado laboral.

⁷Hay tres niveles de educación, correspondientes a una generalización de las categorías educativas en Latinoamérica: *i*) básica (incluyendo educación preescolar, educación básica primaria), *ii*) educación media (secundaria, técnica y superior no terminada), y *iii*) nivel superior (universitarios y posgrados). La forma general fue establecida mediante la distribución en tres segmentos de los años de educación. Esta categorización fue necesaria debido a las marcadas diferencias de los sistemas educativos entre países, lo cual hacía difícil la comparación entre ellos.

tanto, están matriculadas en algún nivel particular de estudio. En este sentido, estas personas se enfrentan a dos corrientes de ingresos, una que proviene de continuar trabajando con el mismo nivel educativo, y otra que surge de aumentar los ingresos mediante la escolarización. De esta manera, para un individuo representativo el ingreso de toda la vida viene dado como la combinación lineal de esas dos corrientes de ingresos, ponderadas por la tasa de matrícula:

$$h_a^{e_j} = E_a^{e_j} Y_a^{e_j} + \left\{ 1 - \sum_{e_j} M_a^{e_j - \bar{e}} \right\} S_{a+1} h_{a+1}^{e_j} d + \sum_{e_j} M_a^{e_j - \bar{e}} \left\{ \left(\sum_{t=1}^{t_{e_j - \bar{e}}} S_{a+1} h_{a+1}^{\bar{e}} d^t \right) / t_{e_j - \bar{e}} \right\} \quad (2.2)$$

donde, $h_a^{e_j}$ es el valor presente de los ingresos laborales de toda la vida para un individuo representativo con nivel educativo e_j y edad a , $M_a^{e_j - \bar{e}}$ es la tasa de matrícula escolar para un individuo representativo con nivel educativo e_j persiguiendo ingresar al nivel educativo más alto $\bar{e}$, $t_{e_j - \bar{e}}$ es la duración de estudios para estos individuos de pasar del nivel e_j para completar el nivel educativo más alto $\bar{e}$. La ecuación 2.2 puede ser interpretada como la suma del ingreso laboral anual más el valor presente del ingreso del próximo año. Cada año el trabajador representativo enfrenta dos posibilidades; continuar trabajando con el mismo nivel educativo y ganar los ingresos $S_{a+1} h_{a+1}^{e_j} d$ con probabilidad $\left\{ 1 - \sum_{e_j} M_a^{e_j - \bar{e}} \right\}$ o aumentar su nivel educativo y ganar $\left\{ \left(\sum_{t=1}^{t_{e_j - \bar{e}}} S_{a+1} h_{a+1}^{\bar{e}} d^t \right) / t_{e_j - \bar{e}} \right\}$ con probabilidad de $\sum_{e_j} M_a^{e_j - \bar{e}}$.

La implementación empírica de la ecuación 2.2 se basa en un método de recursión hacia atrás. El ingreso laboral de toda la vida se calcula iniciando con los individuos de 62 años, un año antes de la edad de retiro, para los cuales su capital es simplemente su ingreso actual, dado que por construcción el valor presente de los ingresos de toda la vida de una persona de 63 años es igual a cero. Una vez encontrado este valor, es posible estimar el ingreso laboral de toda la vida para una persona de 61 años como sus ingresos actuales más el valor presente de los ingresos de toda la vida de una persona de 62 años de edad. Este proceso se repite sucesivamente hasta la edad de 16 años para cada uno de los diferentes perfiles de los individuos.

Finalmente, en el tercer paso, se estiman los ingresos de toda la vida a través de la ecuación 2.2 para calcular el *stock* del capital humano y se aplica a todos los individuos en cada perfil edad-nivel educativo. Al sumar los *stocks* de capital humano entre los diferentes perfiles resulta la estimación del valor agregado del *stock* del capital humano CH :

$$CH = \sum_{a=16}^{62} \sum_{j=1}^3 h_a^{e_j} N_a^{e_j} \quad (2.3)$$

donde $N_a^{e_j}$ es el número de individuos con el perfil edad/nivel educativo. La ecuación 2.3 es aplicada en forma separada, tanto para hombres como para mujeres, para estimar el *stock* de capital humano por género y, luego, sumado estos dos valores para obtener el valor agregado.

La ecuación 2.3 permite obtener valores del capital humano a precios corrientes. Siguiendo a Liu (2011) para realizar análisis entre países en espacio y tiempo es necesario separar los cambios producidos por los volúmenes y precios. En primer lugar, para realizar comparaciones entre países los valores del capital humano son expresados en términos de paridad de poder de adquisitivo (PPA). En segundo lugar, para comparar los *stocks* del capital humano en términos reales en el tiempo, es construido un índice de volumen temporal (Gu y Wong, 2010; Li et al., 2013). El índice es calculado en base al índice de Tornqvist⁸, donde la tasa de crecimiento del índice del volumen temporal es calculado como la suma ponderada de las tasas de crecimiento del número de individuos en diferentes categorías (es decir, educación, edad y género) donde las ponderaciones utilizadas son las participaciones de estas categorías en el valor nominal del capital humano:

$$\Delta \ln H = \sum_a \sum_e \sum_s \bar{w}_{a,e,s} \Delta \ln N_{a,e,s} \quad (2.4)$$

donde H denota el índice de volumen del *stock* de capital humano agregado, $N_{a,e,s}$ es el número de individuos con edad a , nivel educativo e y género s , y Δ denota una primera diferencia señalando el cambio entre dos periodos consecutivos. Finalmente, los pesos w son las participaciones promedio del *stock* del capital humano de cada categoría de la población en el valor nominal del *stock* del capital humano agregado:

⁸El índice de Tornqvist es una aproximación discreta del índice continuo de Divisia (Diewert, 1976).

$$\bar{w}_{a,e,s} = \frac{1}{2} (w_{a,e,s}^t + w_{a,e,s}^{t-1}), \quad w_{a,e,s} = \frac{h_{a,e,s} N_{a,e,s}}{\sum_a \sum_e \sum_s h_{a,e,s} N_{a,e,s}} \quad (2.5)$$

donde $h_{a,e,s}$ es el valor presente de los ingresos laborales de toda la vida para un individuo representativo estimado por la ecuación 2.2. De esta manera el índice de la ecuación 2.4 se incrementará si la composición de la población cambia hacia categorías de personas que tienen ingresos de toda la vida más altos. Este es el caso de aquellos que tienen mayor educación, lo cual generalmente está asociado a mayores ingresos de toda la vida, o debido a que se encuentran en una etapa temprana de su vida laboral o bien por un aumento de la experiencia, etc. En este sentido, para estimar la contribución que tienen las diferentes categorías (es decir, edad, educación, género) al crecimiento del capital humano, el índice de Tornqvist parcial es construido. Por ejemplo, el índice parcial para educación es definido como:

$$\Delta \ln H_e = \sum_e \bar{w}_e \Delta \ln \left(\sum_a \sum_s N_{a,e,s} \right) \quad (2.6)$$

$$\bar{w}_e = \frac{1}{2} (w_e^t + w_e^{t-1}), \quad w_e = \sum_{a,s} w_{a,e,s} \quad (2.7)$$

De manera similar a 2.6 y 2.7 los índices parciales para las demás categorías son construidas.

2.4. Datos

Los principales datos para estimar el valor del *stock* de capital humano provienen de diferentes encuestas de hogares de diez países latinoamericanos⁹ con cobertura nacional (Argentina, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Perú, Paraguay, Honduras y Uruguay), recolectadas por los institutos o ministerios de estadística nacional de cada país¹⁰. Estas encuestas no son homogéneas entre países, lo cual dificulta la comparabilidad entre ellos. A pesar de que este estudio trata de hacer los mayores esfuerzos por estandarizar los criterios para clasificar y procesar datos que hagan posible la comparabilidad en tiempo y espacio entre países, este objetivo no se alcanza de manera perfecta¹¹. Gasparini et al. (2007) señala que en estudios de comparabilidad internacional con encuestas de hogares, la literatura muestra una disyuntiva entre la precisión en las estimaciones y el incremento en el número de países en estudio, cuya solución finalmente contiene un grado de arbitrariedad difícil de evitar.

Este estudio solo tiene en cuenta a las personas que se encuentran en la fuerza laboral. Esto incluye las que están trabajando o buscando trabajando. Además, se limitan las edades de los individuos al rango comprendido entre los 16 y los 62 años, establecido en función al promedio de jubilación entre hombres y mujeres a nivel latinoamericano, y para comparar

⁹En el caso de Argentina los datos provienen de la encuesta permanente de hogares (EPH) recolectada por el INDEC para el periodo 2003-2011. Para Chile se utiliza la encuesta de Caracterización Nacional Sociodemográfica (CASEN) del Ministerio de Planificación para el periodo 1990-2011. En Colombia se emplea la encuesta continua de hogares (ECH) del DANE para el periodo 1997-2006. Para Costa Rica la nueva Encuesta Nacional de Hogares (ENAH) del INEC para el periodo 2001-2010. Para Ecuador la Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU) del INEC 2002-2011. Para Honduras se emplea la Encuesta Permanente de Hogares de Propósitos Múltiples (EPHPM) del INE para el periodo 2001-2009. En México la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) del INEGI para el periodo 2000-2009. Para Paraguay la Encuesta Permanente de Hogares (EPH) de DGEEC para el periodo 1999-2008. En Perú la Encuesta Nacional de Hogares (ENAH) del INEI para el periodo 2004-2012. Finalmente, para Uruguay la Encuesta Continua de Hogares del INE para el periodo 2001-2010.

¹⁰Excepciones de esto son Argentina y Uruguay quienes solo tienen cobertura para población urbana, no obstante, la muestra es representativa en relación con la población total. En otros casos debido al cambio de metodologías en las encuestas se prefirió limitar la muestra a áreas urbanas y ciertos periodos a pesar de contar información nacional y periodos más largos, este es el caso de Colombia.

¹¹Una debilidad del presente estudio es que pasa por alto algunas incompatibilidades de metodología a metodología, que en todo caso implicaría hacer un empalme entre las series, particularmente para aquellas variables relacionadas con las tasas de empleo las cuales no son contempladas.

los datos obtenidos con los resultados del consorcio internacional de la OCDE, cuyo rango de edad está entre los 15 y los 64 años.

Para la aplicación del algoritmo se necesita clasificar a los individuos por niveles educativos. Sin embargo, estos criterios no son homogéneos entre encuestas. En algunos casos los niveles pueden incluir más o menos años o más categorías. De esta manera se subdivide a los individuos de acuerdo con sus años de educación en tres grandes categorías: *i*) educación básica, que comprende a aquellos individuos en el rango entre 0 y 8 años de educación, *ii*) educación intermedia, los individuos en el rango entre 9 y 15 años de educación y *iii*) educación superior, individuos con 16 o más años de educación.

Las tasas de empleo en este capítulo están definidas como el ratio entre los individuos de edad y nivel educativo determinado que actualmente están trabajando sobre la población económicamente activa (PEA)¹².

En la aplicación del modelo de JF un elemento esencial es el ingreso laboral de los trabajadores. En este capítulo solo se considera los ingresos monetarios de salarios y sueldos del empleo principal¹³. Las encuestas utilizadas contienen una porción importante de ingresos no declarados. Por lo tanto, para corregir los posibles sesgos¹⁴ que puede generar este problema se implementó un modelo econométrico. De esta manera se puede imputar los ingresos no declarados de los trabajadores. Mediante este modelo se consigue asignar a un trabajador el ingreso de otro trabajador con las mismas características. En este caso se utilizó un modelo de regresión multivariado estimado por MCO¹⁵.

Las tasas de matrícula para diferentes niveles de educación son los indicadores más importantes de la dinámica educativa. Las tasas de matrícula en este capítulo son definidas

¹²La población económica en este caso estará definida sobre este subconjunto de individuos, con lo cual puede haber diferencias en relación con la PEA estimada por los diferentes institutos nacionales de estadística.

¹³A pesar de que la inclusión de otro tipo de ingresos como beneficios, transferencias, etc., podrían ser considerados en la estimación del capital humano, los datos no son homogéneos o no están disponibles en las mismas categorías entre las encuestas de los diferentes países con lo cual se optó por incluir solo este tipo de ingreso.

¹⁴Como señala Gasparini et al. (2001), si las personas que no declaran ingresos fueran elegidas aleatoriamente, su exclusión de las encuestas no presentaría un problema de sesgo importante. Sin embargo, es posible que una razón de no respuesta sea precisamente los ingresos, por lo que ignorar este hecho sesga las estimaciones.

¹⁵La imputación de datos faltantes sigue de cerca el trabajo de Gasparini et al. (2001). Por otro lado, el problema de sub- declaración de los ingresos no es tratado lo cual constituye una debilidad del presente documento.

como el ratio de aquellos individuos con nivel educativo e y edad a que actualmente están registrados como estudiantes para alcanzar un nivel más alto $\bar{e}$ frente a todos los individuos con nivel educativo e y edad a .

Algunas variables usadas en la estimación del valor del *stock* del capital humano son tomadas de otras fuentes. Las tasas de sobrevivencia provienen de los datos de la División de Población de las Naciones Unidas. Como señala Liu (2011), se espera que la educación tienda a disminuir las tasas de mortalidad, sin embargo, los datos disponibles solo permiten diferenciar por género y edad, así que se asume que las tasas de sobrevivencia no varían entre niveles educativos. En este capítulo se utiliza para todos los países la tasa de descuento empleada por el consorcio de la OCDE, fijada en 4.58 %, y para las tasas de crecimiento la media de la tasa de crecimiento de los salarios reales de los datos de la CEPAL¹⁶. La elección de estos parámetros pueden ser fácilmente relajados y hacer un análisis de sensibilidad de los resultados.

2.5. Resultados

2.5.1. Clasificación de la población por características

En primer lugar, para la implementación del algoritmo de la ecuación 2.2 es necesario calcular las tasas de empleo discriminado por edad, sexo y nivel educativo. Las figuras 2.1 y 2.2 muestran los resultados tomando como referencia a Colombia en el año 2006¹⁷. En promedio las personas más jóvenes y de mayor edad son más vulnerables en el mercado laboral, particularmente si cuentan con mayores niveles educativos. Se observa una mayor estabilidad en las tasas de empleo durante todo el ciclo de vida para los individuos con menores niveles de educación, lo cual puede no ser sorprendente dada las características de la estructura productiva que está basada en sectores con bajos niveles de valor agregado

¹⁶Como línea base se utiliza un criterio de mediano plazo tomando como referencia el periodo 1980-2010, basado en los criterios del consorcio de la OCDE. En el cálculo la serie es suavizada para evitar fluctuaciones del ciclo económico. La literatura alrededor de la metodología de JF revela la sensibilidad en la elección de estas tasas, lo cual se convierte en una de las debilidades de este modelo.

¹⁷Para el resto de países los resultados muestra patrones similares y, en términos de tendencias, a otros estudios que han aplicado el método de JF.

de las economías latinoamericanas. Por otro lado, independiente del nivel educativo se presenta una brecha entre géneros, aunque esta diferencia se reduce en los niveles intermedio y superior de educación.

Otro elemento importante para el cálculo del capital humano es el perfil de ingresos por edad y nivel educativo. Las estimaciones se realizan independientemente entre hombres y mujeres, tanto para los ingresos anuales como para los ingresos de toda la vida. La figura 2.3 muestra el perfil de ingresos anuales para Colombia en 2006. Los ingresos aumentan con la edad pero marginalmente son decrecientes, alcanzando sus mayores niveles en las edades intermedias¹⁸. Como se observa los ingresos anuales son más altos para las personas con mayor escolaridad. Por otro lado, independientemente del nivel de educación, existe una brecha de ingresos entre mujeres y hombres, que sin embargo es más marcada en la medida en que aumenta el nivel de educación.

Ahora bien, al aplicar la ecuación 2.2 se obtienen los ingresos de toda la vida. Las figuras 2.4 y 2.5 presentan los resultados de los ingresos de toda la vida per cápita para hombres y mujeres en 2006 para Colombia. Los patrones generales son similares a los de otros estudios (Liu y Greaker, 2009; Liu, 2011; Rensman, 2013). Para esta medida los ingresos más altos se alcanzan en las etapas tempranas del ciclo de vida, dado que las personas más jóvenes tienen una vida laboral esperada más larga que los individuos más viejos. Aunque se observa que a mayores niveles de educación (y por lo tanto, una mayor remuneración) mayores niveles de ingreso de toda la vida, en las etapas tempranas del ciclo los ingresos de toda la vida del nivel básico superan a los niveles intermedios de educación. Esto se puede explicar por dos razones. En primer lugar, el tiempo dedicado a mayores niveles de educación pospone los beneficios de mayores retornos hasta las edades más adultas. En segundo lugar, las tasas de empleo para los niveles más bajos de educación son más estables y más altas en todo el ciclo de vida, lo que en suma incide sobre su valor presente.

Según la ecuación 2.2 las inversiones en educación deben aumentar el capital humano per cápita. Esta tendencia, sin embargo, luego debe revertirse debido a la disminución del horizonte de vida laboral y, en general, a la caída a 0 en las inversiones en educación.

¹⁸La volatilidad de los datos de ingresos, particularmente en los niveles de educación superior, plantea la conveniencia de suavizado de los datos reales.

Aunque estos patrones se cumplen en todos los casos, el nivel básico de educación muestra una tendencia algo diferente del resto de niveles, tanto para hombres como para mujeres. Las figuras 2.4 y 2.5 permiten observar que las pendientes de las curvas de ingresos de toda la vida para los niveles intermedios y altos de escolaridad son crecientes una vez se alcanza el nivel máximo de la curva, particularmente para los niveles altos de educación. De esta manera, un aumento en la edad tiene un impacto cada vez mayor en las reducciones marginales de los ingresos de toda la vida. Sin embargo, para los niveles de educación bajos estas pendientes son decrecientes en algunas etapas del ciclo vital. Como señala Rensman (2013), un aspecto que puede explicar el diferencial en los niveles bajos de educación es que los ingresos laborales son resultado de múltiples factores, entre ellos inversiones en educación y experiencia. De esta manera, aumentos en experiencia pueden compensar los bajos niveles de ingresos como fruto de bajos niveles de educación. Por otro lado, factores institucionales como acuerdos de salarios mínimos, pueden estabilizar el flujo de ingresos en los niveles inferiores de educación.

2.5.2. *Stock de Capital Humano*

La ecuación 2.3 permite obtener el valor del *stock* del capital humano para los diez países latinoamericanos. Para mostrar la magnitud de este valor se muestra en relación con el PIB nominal y el capital físico. La figura 2.6 muestra los ratios del *stock* de capital humano a PIB. En general, se observa que el valor es varias veces el PIB nominal. En promedio los ratios se encuentran alrededor de 4.6, aunque las diferencias entre extremos, Chile y Honduras, son de casi 4 puntos. Las diferencias entre el *stock* de capital humano y el PIB son explicadas porque el *stock* es la suma de los Ingresos Laborales Corrientes (ILC) más el valor presente de los Ingresos Laborales Futuros (ILF), mientras que solo los primeros ingresos hacen parte del PIB. Por esto, parece claro que el *stock* de capital humano supere varias veces al PIB, aunque para este último está también el Ingreso No Laboral Corriente (INLC).

Por otro lado, en la figura 2.6 se observa que en promedio existe una relación positiva entre el ratio CH/PIB y los niveles de ingreso per cápita de los países seleccionados. Una posible explicación a esta relación puede ser dada por la distribución funcional del ingreso. Suponiendo una relación constante entre los ingresos corrientes y futuros, es decir que crezcan a la misma tasa, para que la relación CH/PIB suba cuando crece el ingreso per cápita, el ILC tiene que crecer a mayor tasa que el INLC. Definiendo la participación factorial de lo No Laboral (SNL) como $SNL = rK/PIB$, y diferenciándola $(dSNL/dt)/SNL = (dr/dt)/r + (dK/dt)/K - (dPIB/dt)/PIB$, entonces la condición para que CH/PIB suba es que $(dSNL/dt)/SNL < 0$. Si K crece a la misma tasa que el PIB (hecho estilizado por lo menos hasta los 90) quiere decir que la tasa de ganancia debería estar bajando. De no ser así, lo que debe suceder es que el K crece a una tasa menor que la del PIB , es decir que K/PIB estuviera bajando cosa que parece factible con el crecimiento de las TIC's. Por ejemplo, Google genera un valor agregado enorme e invierte físicamente poco. Sin embargo, Guerriero (2012) da evidencia de que para los países en desarrollo la participación de los ingresos laborales se ha mantenido relativamente estable desde los años setenta, mientras que para los países desarrollados la tendencia es decreciente, tal como se muestra en la figura 2.7. Los resultados van en línea con los encontrados por Piketty (2014).

Con el ánimo de comprobar este comportamiento en los países latinoamericanos seleccionados se calculan las participaciones de los factores mediante datos de remuneraciones a los asalariados, excedente de explotación y consumo de capital fijo a costos de factores de las estadísticas de la CEPAL. Como se observa en la figura 2.8 la tendencia en las participaciones para estos países parece reforzar lo encontrado por Guerriero (2012). De esta manera, la explicación vía distribución funcional del ingreso no parece satisfactoria. Sin embargo, si las tasas a las que están creciendo ILC e INLC son relativamente constantes entre estos países, entonces lo que podría explicar esta relación es que las tasas a las que crece ILC deben ser inferiores a las de ILF. Estos últimos ingresos dependen de ciclo de vida de los individuos y de las expectativas que estos formen. A su vez estos últimos factores dependen no solo del ciclo económico, y de esta manera de las tasas de desempleo,

sino además de las inversiones hechas en términos de experiencia y educación. El modelo de JF pondera más los ingresos futuros cuando las tasas de desempleo son menores y, particularmente, cuando los niveles de educación aumentan.

La figura 2.9 muestra que los países con mayores ingresos per cápita son los que reportan los mayores niveles de logros educativos. A nivel mundial las elevadas tasas y los niveles alcanzados por Corea del Sur, por ejemplo, en términos de años promedio de educación le han permitido acumular elevados niveles de *stock* de capital humano. Esta misma relación se encuentra en los países latinoamericanos, donde se aprecia que los que cuentan con mayor nivel de capital humano son también los que tienen mayores logros educativos. Los bajos niveles de la relación capital humano a PIB pueden ser explicados por los bajos niveles de logros educativos alcanzados.

Adicionalmente, como señala Coremberg (2010), los resultados encontrados están en concordancia con la teoría clásica del crecimiento económico, en la cual los países con mayor capital físico (como sería el caso de Argentina, Chile, México, etc.) contarían con menor productividad media de capital (y de ahí, con una mayor relación capital - producto) que los países con recursos más escasos en capital (como Honduras, Paraguay, etc.). Como es de esperarse que la relación capital humano a físico sea mayor que 1, los países que cuentan con menores productividades medias de capital físico también contarán con mayores relaciones capital humano a PIB. Por otro lado, tal como sugiere el mismo autor y citando a Lucas (1990), otro factor que podría incidir en la relación capital humano a PIB son las externalidades positivas relacionadas con este tipo de capital. Puede estar pasando que las personas con mayor capital humano estén emigrando a países con mayor ingreso, pues allí se pueden aprovechar mejor este *stock*.

En línea con lo anterior y como medida adicional de comparación del tamaño del capital humano, se confronta éste con su par más tradicional, el capital físico (Figura 2.10). Como ya se mencionó, esta relación muestra que el capital humano es varias veces el capital físico. Aunque existen algunas diferencias en las estimaciones de ambos *stocks*¹⁹, ellos corresponden al valor presente de flujo de ingresos en las inversiones realizadas en estos

¹⁹Los datos para el *stock* de capital físico provienen de Penn World Table 8.0 (Feenstra et al., 2013). Esto sugiere que los resultados mostrados deben ser tomados con precaución dado que las fuentes y metodologías para estimar ambas medidas de capital humano difieren sustancialmente. Sin embargo, pueden dar una idea general sobre las dimensiones del capital humano.

activos. Las diferencias entre el *stock* de capital humano y el físico pueden ser explicadas, en primer lugar, porque el *stock* de capital físico dura en promedio menos que su contraparte, el capital humano. Adicionalmente, el flujo de ingresos del capital humano es más estable y persistente que el de las inversiones en máquinas y equipos relacionados a las TIC's (Coremberg, 2010). En segundo lugar, los cambios tecnológicos pueden depreciar el valor de los bienes de capital en el largo plazo y favorecer los salarios de los trabajadores más calificados (Coremberg, 2010).

Con el ánimo de comparar estos resultados con países desarrollados, se toma como referencia el reporte de Liu (2011) de la estimación del capital humano para algunos países de la OCDE, presentados en la figura 2.11. Los valores del *stock* de capital humano de los países latinoamericanos se encuentran por debajo de los niveles observados por la OCDE. Las diferencias entre los dos bloques son en promedio de más de 6 puntos. Chile, Argentina, México y Uruguay se acercan a la distribución baja de los países de la OCDE. Sin embargo, para Paraguay y Honduras las diferencias son apreciables no solo con esos más desarrollados sino incluso entre el bloque latinoamericano. Esto refuerza la idea de que las diferencias entre las relaciones capital humano a PIB estarán explicadas por los niveles educativos, factores institucionales, las productividades medias de los factores, por las externalidades positivas, entre otros, de los países con mayores ingresos per cápita.

Por otro lado, el cuadro 2.1 muestra la distribución de las estimaciones del capital humano para diferentes características de individuos (género, educación y edad). En relación con el género, la participación de los hombres es mayor para todos los países. Dado que las estimaciones están basadas en flujo de ingresos laborales, la explicación de estas diferencias puede darse, por un lado, por las discriminaciones persistentes en las economías latinoamericanas. Por otro lado, los ingresos anuales de las mujeres pueden ser más bajos debido al menor tiempo dedicado, principalmente por temas ligados a la fertilidad y a la maternidad²⁰.

Aunque la participación para los diferentes niveles de educación varía entre países²¹, en promedio los niveles intermedios de educación son los que más aportan al capital humano.

²⁰Una mejor estimación del método de JF sería estimar una equivalencia de tiempo entre géneros, lo cual no es considerado en el actual algoritmo.

²¹Aunque es de esperarse que a mayor educación mayor probabilidad de empleo e ingreso y, de ahí, mayor capital humano, los retornos a la educación varían entre países.

Una de las razones por las cuales Honduras y Paraguay presentan tan bajos niveles de capital humano es porque este se concentra en los niveles bajos de educación, 55 %, y en educación básica, 46 %.

Finalmente, las personas más jóvenes aportan más al capital humano particularmente porque estos tienen un mayor umbral laboral que las de mayor edad. Como señala [Liu \(2011\)](#), las tasas de empleo son un factor determinante para aumentar no solo la situación laboral de los más jóvenes sino para aumentar el *stock* de capital humano de los países.

2.5.3. Evolución real del capital humano

Para observar la evolución del capital humano a través del tiempo es necesario hacerlo en términos reales. La literatura sobre cuentas naciones descompone los componentes de precios y cantidades en índices tales como el de Laspeyres o Paasche. En cuanto al capital humano, [Gu y Wong \(2010\)](#) utilizan el índice de Törnqvist. El precio del capital humano está asociado a los cambios de corto plazo en los salarios. Sin embargo, lo fundamental es observar la evolución de los componentes de largo plazo asociados a cambios en los volúmenes en la estructura educativa, experiencia, etc., de los individuos. Ahora bien, gran parte del crecimiento en los volúmenes del capital humano puede corresponder exclusivamente a incrementos en el tamaño de la población, con lo cual es necesario descontar este valor para obtener una medida más pura sobre el crecimiento que se debe a aumentos en el conocimiento de los individuos. La diferencia entre el crecimiento del *stock* de capital humano y el de la población dará la tasa de crecimiento del capital humano per cápita.

Este último indicador se ha señalado como una medida importante para una economía, pues permite saber si se encuentra en un sendero de sostenibilidad de largo plazo siempre que el capital per cápita no decline en el tiempo ([Liu, 2011](#)). Sin embargo, no necesariamente una economía entrará en un sendero insostenible por caídas del capital humano per cápita, dado que estas podrían ser compensadas por incrementos de otros tipos de capital. En todo caso, la observación de la evolución del capital humano per cápita es importante, toda vez que envía señales de alarma para la política pública.

Las figuras 2.12 y 2.13 muestra los resultados de los índices de volúmenes para el *stock* de capital humano, la población y el capital humano per cápita para los diez países latinoamericanos²². Con respecto al volumen del *stock* de capital humano se observa que todos los países muestran aumentos en términos reales con respecto al año base, en promedio este *stock* creció 3,8 % por año. Mucho del crecimiento del capital humano se explica por aumentos de la población, dado que en promedio creció a una tasa de 2,7 % (Ver cuadro 2.2).

Sin embargo, comparado con los países de la OCDE estas tasas de crecimiento se tornan relativamente altas. Para los trece países de la OCDE, (Liu, 2011) y Rensman (2013) en el caso de Holanda, estos valores oscilan entre 0,27 % y 1,3 %.

Ninguno de los países latinoamericanos presenta tasas negativas del capital humano per cápita a diferencia de los países de la OCDE (Ver cuadro 2.2). En promedio, los países latinoamericanos mostraron un crecimiento de capital humano per cápita de 1,13 % frente al 0,10 % de los países de la OCDE. Estas diferencias pueden ser explicadas mediante la descomposición de tres características de la población: género, edad y educación. Esto es posible al utilizar índices parciales de Törnqvist. Los resultados muestran que la mayor parte de las diferencias en las tasas de crecimiento del capital humano per cápita entre esos países desarrollados y los latinoamericanos se han dado debido al comportamiento del envejecimiento de la población y a los niveles promedio de educación. Aunque para ambas zonas el envejecimiento de la población ha sido compensado por el aumento en los niveles de la educación, esta tendencia es más marcada en los países latinoamericanos. Para el método de JF el aumento en la composición de edades significa una disminución en el capital humano, por cuanto las personas de mayor edad cuentan con un mayor ingreso anual pero un menor horizonte en cuanto al ciclo de vida, por lo tanto, cuanto mayor sea la media poblacional se generará una disminución del capital humano.

Por otro lado, si la descomposición en la población es realizada por mayores niveles educativos se generará un efecto positivo en el capital humano. Por lo tanto, el efecto neto dependerá de las tasas de crecimiento de estas dos fuerzas. Como se observa en el cuadro

²²Para cada país el año base fue fijado igual a 100. Observe que los valores de Chile difieren al resto de países por cuanto los datos son bianuales entre 1990-2000 y trienales para 2003-2011.

2.2, el efecto positivo de la educación ha superado el negativo del envejecimiento poblacional. Sin embargo, en promedio esta compensación ha sido mayor para los países latinoamericanos al crecer más rápido en los niveles de educación y a tasas de envejecimiento más lentas que los países de la OCDE.

Ahora bien, la descomposición por género demuestra que aunque en ambos bloques de países el género no incide significativamente en la determinación del capital humano per cápita, para los países latinoamericanos en promedio el efecto es negativo señalando discriminación salarial entre géneros. De esta manera, desde la perspectiva del método de JF, aumentos en la media de las mujeres, reduce el capital humano.

Estos resultados exponen la importancia que para la formación de capital humano han jugado los niveles educativos, al compensar los efectos negativos del envejecimiento poblacional y las diferencias salariales entre géneros. Sin embargo, estos efectos compensatorios podrían agotarse en el largo plazo. En efecto, mientras que por un lado las tasas de envejecimiento poblacional aumentan, por otro, las tasas de crecimiento de la educación, medidas a través de años promedio de educación, están condenadas a ser cada vez menores por la naturaleza propia del índice. Este último fenómeno ya está siendo observado en los países desarrollados, donde las tasas de crecimiento de los años promedio de educación son muy bajas. Entre tanto, la tendencia de largo plazo se está replicando para los países latinoamericanos (Ver figura 2.9). Esto conduciría a que el capital humano per cápita tienda a cero o incluso a una senda de insostenibilidad de largo plazo.

2.5.4. Análisis de sensibilidad

El método de estimación de Jorgenson y Fraumeni (1989, 1992) descansa sobre varios supuestos importantes, entre ellos las tasas de crecimiento y descuentos necesarias para la estimación del *stock* de capital humano. Surgen entonces varias preguntas sobre la plausibilidad de las estimaciones, dado que como se mostró en la sección 2.5.2, los *stocks* de capital humano de los países latinoamericanos sobrepasan varias veces al PIB. El cuadro 2.3 evalúa el comportamiento del capital humano ante cambios en la tasa de crecimiento y descuento, tomando como ejemplo a Costa Rica para el año 2006. El análisis se realiza mediante el aumento y la disminución de las tasas en una unidad con respecto a su valor,

utilizando la estimación de su capital humano, es decir, 1,53 % para la tasa de crecimiento y 4,58 % para la tasa de descuento.

Como se puede observar los cambios en los parámetros del modelo tienen un impacto muy importante en los volúmenes del *stock* de capital humano nominal, una disminución en la tasa de crecimiento en un punto porcentual, manteniendo todo lo demás constante, reduce el *stock* de capital humano en 11,6 %, el caso contrario lo aumenta en 14,1 %. Este mismo comportamiento también se observa ante cambios en la tasa de descuento. En contrate estos cambios producen cambios muy marginales en las tasas de crecimiento de los volúmenes del *stock*, cuyas diferencias con respecto a la línea base son cercano a cero. Esto resultados ya han sido encontrados por estudios nacionales y por el consorcio de la OCDE (Gu y Wong, 2010; Liu, 2011; Christian, 2011; Wei, 2008b).

2.5.5. Índice de Capital humano y educación

En la sección 2.5.3 la descomposición del capital humano entre diferentes características de la población permitió observar el papel que ha jugado la educación en algunos países latinoamericanos para el cumplimiento de una senda de sostenibilidad, al compensar los efectos negativos del envejecimiento poblacional. Sin embargo, la importancia de la educación podría estar sobrevalorada porque puede haber otros elementos detrás que también pueden influir en la explicación de este comportamiento. En principio el método prospectivo sería capaz de evaluar otras características de la población que afectarían el índice del capital humano²³, no obstante, las variables necesarias para su inclusión difieren sustancialmente o no están disponibles en las encuestas de los países seleccionados. Pese a esto pueden utilizarse técnicas indirectas, como métodos econométricos, para observar el efecto de algunas de estas variables sobre el índice estimado. La idea sería regresar el índice

²³El método utilizado en este documento ha segmentado la población por edad, género y nivel educativo, luego si se contara con información suficiente podría incluirse más características para ser evaluadas en términos relativos como determinantes del capital humano dentro del modelo de JF. Como se ha mencionado el método descansa sobre la capacidad que tienen los salarios para capturar la mayoría de los elementos que están incorporados en el capital humano pues el mercado paga por el paquete completo de cualidades reflejadas en las productividades marginales del trabajo. En este sentido, el método implícitamente supone incorporar cualidades como salud o experiencia aunque no las pueda expresar explícitamente por el vacío de información. Por lo tanto, elementos como educación, género y edad están absorbiendo la influencia de estos otros elementos, con lo cual se podría sobredimensionar su impacto sobre el capital humano.

contra algunas variables clave para la determinación del capital humano, pero no incluirlas explícitamente en el modelo, para poder así analizar el comportamiento de la educación en relación con estas variables.

Se seleccionan las variables a incluir porque la acumulación de capital humano se realiza a través de inversiones que se manifiestan en forma de educación formal, informal, experiencia y salud. Se cree que la escolarización es el principal componente de este *stock* y que puede ser medido mediante los años promedio de educación incluidos en la estimación del método prospectivo de [Jorgenson y Fraumeni \(1989, 1992\)](#). La educación informal surge de los contextos en los que se desarrollan los individuos, particularmente, los antecedentes en el hogar. La estructura y los recursos de estos últimos van a impactar significativamente sobre el rendimiento, tanto educativo como laboral, en etapas posteriores de los individuos. Para aproximar esta idea se emplean las tasas de fertilidad, pues estas se asocian a los tamaños de los hogares que a su vez van a determinar los recursos disponibles para la formación de capital humano ([Rosenzweig, 1986](#); [Rosenzweig y Zhang, 2009](#); [Temel, 2011](#)). La experiencia laboral es otro componente importante en la formación de capital humano. La aproximación de esta variable a nivel internacional es un tema complejo. La dificultad está en que los trabajos realizados por los individuos no son homogéneos y la inserción laboral difiere entre países, así como el retraso ocasionado por aumentos en escolaridad, con lo cual una medida agregada de esta variable podría ser una aproximación muy imperfecta de la misma. No obstante, dada su importancia, en este capítulo se ha decidido medirla como la edad media de la población menos 16, que es la edad utilizada como referencia para la inserción laboral en la aplicación del método prospectivo, ponderada por las tasas de empleo. Aunque los datos para construcción de esta variable están disponibles en los datos utilizados en las encuestas de hogares, las tasas de empleo necesitan un horizonte más amplio, dado que para muchos de los individuos las inversiones en experiencia se efectuaron mucho antes de los periodos analizados para los diferentes países. Finalmente, otro elemento importante en la formación de capital humano lo constituye la salud de los individuos. Las inversiones sobre este componente tienen efectos catalizadores sobre la productividad y el rendimiento académico de los individuos. No obstante, la literatura empírica ha encontrado un mayor efecto si estas inversiones se realizan en etapas tempranas de la formación del capital humano ([Doyle et al., 2009](#)). De esta manera, para aproximar esta dimensión

se emplea la tasa de mortalidad para menores de cinco años. Se emplean datos externos provenientes del Banco Mundial para las variables de fertilidad, tasas de empleo y tasas de mortalidad. La figura 2.14 muestra que estas variables guardan la asociación esperada con el índice creado.

El cuadro 2.4 reporta los resultados de las regresiones para un panel de efectos fijos²⁴ que describen los determinantes del capital humano. La columna 1 analiza el efecto de la educación sobre el índice de capital humano sin controlar por otras variables. Este modelo simple confirma los resultados encontrados dentro del modelo prospectivo al encontrar una relación positiva y altamente significativa en la determinación del índice de capital humano. Al introducir una variable de salud, columna 2, muestra que aumentos en las tasas de mortalidad infantil, reducciones en el indicador de salud, tienen un impacto negativo sobre el capital humano y diferente de cero. Ante la inclusión de esta nueva variable la variable educativa se mantiene altamente significativa aunque se reduce su impacto sustancialmente. En términos relativos este modelo muestra que la salud tiene un efecto superior a la de la educación, los coeficientes beta de ambas variables son 0.3 y -1.9 respectivamente²⁵. En la columna 3 se adiciona al modelo anterior la experiencia potencial de los trabajadores. Esta nueva variable no tiene un impacto significativo sobre el índice de capital humano²⁶. Por su parte las variables educativas y de salud pierden significancia, y en el caso de esta última se presenta una reducción importante en el impacto sobre el índice.

En la siguiente columna se evalúa el papel de las inversiones de los hogares en la determinación del capital humano. Esta variable entra en el modelo con un impacto fuerte y altamente significativo, señalando que el tamaño de los hogares, y por lo tanto de los recursos destinados a aumentos en el capital humano, son determinantes para este *stock*. En este

²⁴Valores de los *p*-value inferiores a 0.05 de los test de Breusch-Pagan y Hausman confirman la utilización de efectos fijos en los modelos.

²⁵En el cuadro 2.5 se reportan las estadísticas descriptivas de las variables utilizadas, entre ellas las desviaciones estándar para el cálculo de los coeficientes beta, definidos como el producto entre el coeficiente estimado por su desviación estándar y dividido por la desviación estándar de la variable dependiente.

²⁶Este resultado contrasta con los resultados observados en regresiones a nivel microeconómico en las cuales la experiencia juega un papel importante en la determinación de los salarios. Esto puede ser explicado por las limitantes presentadas en la construcción de la variable utilizada en este documento. No obstante a su no significancia estadística, la variable se mantiene en el modelo porque pasa las pruebas de los *test F* para combinaciones de las variables y el modelo completo.

caso la educación se mantiene altamente significativa pero su impacto, medido a través del coeficiente beta, es relativamente menor a la salud y el tamaño de los hogares.

Como se evidenció en la sección 2.5.3 gran parte de los aumentos del capital humano fueron fruto de incrementos en la población. Con el ánimo de controlar este fenómeno en los resultados la columna 5 adiciona al modelo anterior el índice de la población estimado en la aplicación del modelo de JF. Los resultados reafirman el efecto significativo que tiene el crecimiento de la población en el indicador. Una vez controlado el indicador por el crecimiento poblacional se tiene una visión más cercana del efecto que tiene la educación en relación con los demás determinantes del capital humano. La inclusión de los fenómenos poblacionales al modelo reduce sustancialmente el efecto de todas las variables, manteniéndose altamente significativa únicamente el tamaño de los hogares (la educación y la salud lo hacen a valores superiores al 1 %, mientras la experiencia se presenta con el signo incorrecto y no significativa). En términos relativos, los resultados señalan que la educación tiene un menor impacto (0.12) frente al de salud (-0.44) y el tamaño de los hogares (-0.65).

En resumen, los resultados dilucidan la importancia de la educación como determinante en la formación de capital humano. Sin embargo, también señalan que otro tipo de inversiones, tales como la salud y los contextos familiares juegan un papel no menor al de la educación. Esto es de gran importancia pues en la literatura relacionada generalmente se tiende a reducir al capital humano a un enfoque unidimensional basado en la educación. Esta práctica parte de la presunción de que la educación es fundamental para el capital humano, tal y como se evidencia en este documento, pero se equivoca al señalar implícitamente que este componente debe incorporar el mayor porcentaje del comportamiento de este y, por lo tanto basta con una variable educativa para caracterizarlo. Los resultados de esta sección muestran por el contrario, que la formación de este *stock* también esta influenciada de manera importante por inversiones diferentes a las hechas en educación.

Cabe señalar algunos inconvenientes de las estimaciones presentadas. Una manera más eficiente de evaluar la importancia relativa de la educación en el contexto actual sería la inclusión de los demás determinantes del capital humano en el propio modelo de JF. Esto es posible a nivel nacional para algunos países, sin embargo a nivel internacional las limitaciones de los datos impiden esta posibilidad. En segundo lugar, las estimaciones presentadas podrían estar sesgadas, particularmente por los problemas de endogeneidad presentes. En

efecto, el método de [Jorgenson y Fraumeni \(1989, 1992\)](#) descansa sobre remuneraciones salariales, las cuales en el corto plazo están afectadas por el ciclo económico y, en el largo plazo por las tendencias del crecimiento económico. Entonces, el capital humano, tal y como esta medido puede afectar los niveles de educación, fertilidad y salud. Este posible problema de simultaneidad crearía un problema de endogeneidad en el modelo. La solución ha sido el uso de variables instrumentales. Sin embargo, la consecución de instrumentos válidos y fuertes es una discusión reciente en econometría ([Aghion y Durlauf, 2005](#)). Más recientemente el uso de técnicas en paneles dinámicos ha sido una práctica más conveniente para estos problemas ([Arellano y Bond, 1991](#); [Arellano y Bover, 1995](#); [Blundell y Bond, 1998](#)). No obstante, el número reducido de países y periodos hace que no sea recomendable el uso de esta técnica en el actual capítulo. Finalmente, sería interesante hacer este mismo análisis para algunos países de mayor desarrollo. Sin embargo, las series estimadas por [Liu \(2011\)](#) no son reportadas.

2.6. Conclusiones

Con el objetivo de establecer el grado de importancia de la educación en la formación del capital humano en relación con otros tipos de inversión, se construyó una serie promedio de diez años para una muestra de países en desarrollo (diez latinoamericanos) del valor monetario del *stock* de capital humano. La técnica empleada permite, una vez estimado este *stock*, asociarlo con sus determinantes, a partir de lo cual se logra analizar el papel relativo que juega la educación en la formación del mismo. Posteriormente, se emplean técnicas econométricas para su exploración con el ánimo de hacer explícito el rol de otros factores no incluidos endógenamente en la metodología. Los resultados son comparados con las estimaciones hechas por otros estudios para países desarrollados donde la metodología ya ha sido implementada.

El primer hecho importante es que, aunque las dimensiones del *stock* de capital humano para los países latinoamericanos son grandes (en promedio la relación es de casi cinco veces con respecto al PIB y dos en referencia al capital físico) estas se tornan modestas al compararlas con las de los países de la OCDE (para este grupo la relación con el PIB es de casi 11 veces). La evidencia presentada va en línea con la teoría clásica del crecimiento

con respecto a que los países con mayores niveles de ingreso per cápita exhiben mayores relaciones CH/PIB por cuanto presentarían menores productividades medias de capital así como un mejor aprovechamiento de las externalidades positivas del capital humano, entre otros. En cuanto a la distribución del capital humano se encuentra que las personas con mayor educación y más jóvenes aportan más a la acumulación de este *stock*.

Por otro lado, los resultados empíricos dejar ver que la evolución de las tasas crecimiento del capital humano para los países latinoamericanos han sido en promedio positivas, y en términos per cápita superiores con respecto a las del grupo de países de la OCDE. Sin embargo, los resultados también revelan que en general estas tasas son cada vez menores al agotar su crecimiento en el tiempo. Para los países más desarrollados, las tasas de crecimiento del capital humano per cápita están próximas a 0. Mediante descomposiciones parciales del índice de Törnqvist se pudo establecer que las tasas positivas promedio del capital humano per cápita de los países latinoamericanos se explican en gran parte por los efectos positivos de la educación, los cuales han sido capaces de compensar los efectos negativos del envejecimiento poblacional. No obstante, debido a la propia dinámica de los logros educativos, este efecto compensatorio tiende a agotarse en el tiempo. Para los países desarrollados los niveles en términos de logros educativos han alcanzado un punto tal que será difícil experimentar aumentos significativos de este indicador dados los retornos esperados para compensar los aumentos marginales de la escolarización. Entre tanto, aunque los países en desarrollo crecen a tasas superiores, su tendencia parece aproximarse a los más desarrollados. De esta manera, los incrementos del capital humano vía logros educativos parecen estar condenados a agotarse en el largo plazo.

El método de JF descansa sobre la capacidad que tienen los salarios para reflejar las valoraciones hechas por el mercado sobre cada uno de los componentes del capital humano. Aunque la técnica permite observar de manera directa la influencia que tiene la educación formal en la formación de este stock, no lo hace de la misma manera para analizar el impacto de otros factores, tales como salud o experiencia, debido a vacíos de información entre los países. Con el ánimo de hacer explícito el impacto de estas variables y de compararlas con la variable educativa basada en cantidad se empleó un modelo de datos de panel. Los resultados señalan que aunque se observa un fuerte y significativo impacto de la educación formal sobre el indicador creado este se reduce en la medida en que es controlado por las

demás dimensiones del capital humano. En términos relativos la educación formal tiene un menor impacto (0.12) frente al de salud (0.44) y a la adquisición por educación informal (0.65).

Por lo tanto, dadas las tendencias de largo plazo junto con el menor impacto relativo de las variables educativas basadas en cantidad, este capítulo pone de manifiesto las restricciones que presentan estas variables para explicar por si solas y de manera comprensiva el comportamiento del capital humano, así como su incidencia en otras variables relacionadas a ellas.

Aunque estas conclusiones no pueden ser tomadas como irrefutables, debido a la presencia de algunos problemas, tanto en el método prospectivo como en el modelo de regresión utilizado, si dan una señal para analizar de manera más profunda el papel relativo de la educación en la formación de este *stock* y la exploración de medidas alternativas que incorporen dimensiones más allá de la educación formal.

2.7. Cuadros y figuras

Cuadro 2.1: Distribución del capital humano por características de individuos (% para 2006)

	Argentina	Chile	Colombia	Costa Rica	Ecuador	Honduras	México	Paraguay	Perú	Uruguay
Por Genero										
Hombres	56,5	59,1	59,9	58,6	60,9	63,9	61,5	62,7	62,3	59,0
Mujeres	43,5	40,9	40,1	41,4	39,1	36,1	38,5	37,3	37,7	41,0
Por Nivel educativo										
Básica	20,0	15,7	22,2	19,8	35,0	55,4	18,3	46,1	19,3	20,6
Intermedia	37,4	44,8	48,1	41,9	42,6	33,2	47,1	41,7	56,7	39,2
Superior	42,7	39,5	29,7	38,3	22,4	11,5	34,6	12,2	24,0	40,2
Por Edad										
Joven	54,4	54,9	54,1	51,2	50,1	50,8	51,8	49,3	47,9	53,7
Intermedia	38,6	37,8	39,3	41,9	41,6	42,1	40,4	42,4	43,4	37,1
Mayor	7,0	7,3	6,6	6,9	8,3	7,1	7,8	8,3	8,7	9,2

Fuente: cálculos propios en base a encuestas de hogares de ministerios o institutos de estadística nacionales de cada país, División de Población de las Naciones Unidas y CEPAL.

Nota: cálculos para todos los países bajo metodología de JF con tasas de descuento iguales a las empleadas por el consorcio de la OECD (4,58 %) y tasas de crecimiento iguales a la media de la tasa de crecimiento de los salarios reales de los respectivos países con datos de la CEPAL. Los resultados corresponden a porcentajes con respecto al *stock* de capital humano tomando como referencia el año 2006.

Cuadro 2.2: Componentes del crecimiento del capital humano

	Países Latinoamericanos											
	ARG	CHI	COL	COS	ECU	HON	MEX	PAR	PER	URU	Media	
Capital Humano	2,51	7,62	3,99	3,85	3,19	3,59	3,09	4,53	4,23	1,49	3,81	
Población	1,91	5,97	3,16	2,95	1,92	2,29	2,05	3,06	2,94	0,56	2,68	
CH per cápita	0,61	1,65	0,84	0,90	1,27	1,30	1,04	1,47	1,29	0,94	1,13	
Genero	0,04	-0,15	-0,01	-0,05	-0,08	-0,04	-0,05	-0,02	-0,03	-0,01	-0,04	
Edad	-0,54	-1,3	-0,27	-0,21	-0,26	-0,23	-0,24	-0,18	-0,23	-0,31	-0,38	
Educación	1,11	3,10	1,12	1,15	1,61	1,57	1,33	1,67	1,55	1,25	1,55	
	Países de la OCDE											
	AUS	CAN	FRA	ISR	ITA	COR	NZL	NOR	POL	ESP	UK	Media
CH per cápita	0,00	0,00	0,03	-0,46	0,41	-0,21	0,00	-0,39	1,22	0,42	0,44	0,10
Genero	0,01	0,00	0,00	0,09	0,08	0,00	-0,02	0,02	0,03	0,02	0,05	0,02
Edad	-0,42	-0,49	-0,48	-0,78	-0,39	-0,47	-0,44	-0,71	-0,09	-0,37	-0,38	-0,48
Educación	0,41	0,49	0,51	0,23	0,72	0,53	0,46	0,29	0,99	0,77	0,76	0,56

Fuente: cálculos propios en base a encuestas de hogares de ministerios o institutos de estadística nacionales de cada país, División de Población de las Naciones Unidas y CEPAL.

Nota: cálculos para todos los países utilizando índice de Törnqvist. Las descomposiciones de género, edad y educación corresponden a índices parciales, las cuales son aproximaciones de primer orden. Los cálculos para los países desarrollados son tomados de las estimaciones del consorcio de la OECD (Liu, 2011) y para Holanda de Rensman (2013). Observe que los valores de Chile difieren del resto de países por cuanto los datos son bianuales entre 1990-2000 y trienales para 2003-2011.

Cuadro 2.3: Análisis de sensibilidad para diferentes tasas de crecimiento y descuento, Costa Rica 2006

	Tasa de crecimiento <i>g</i> %	Tasa de descuento <i>i</i> %	Nominal con respecto a la base %	Crecimiento anual 2001-2010 %	Diferencia con la línea base Puntos %
Estimación base	1,53	4,58		3,85	
Cambios en <i>g</i>					
1 % menos	0,53	4,58	-11,6	3,92	0,07
1 % mas	2,53	4,58	14,1	3,77	-0,08
Cambios en <i>i</i>					
1 % menos	1,53	3,58	13,8	3,77	-0,08
1 % mas	1,53	5,58	-11,2	3,92	0,07

Fuente: cálculos propios en base a encuestas de hogares de ministerios o institutos de estadística nacionales de cada país, División de Población de las Naciones Unidas y CEPAL.

Cuadro 2.4: Efectos de componentes claves sobre el capital humano

Variable dependiente: Índice de Capital humano					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Constante	2.736*** (0.501)	6.148*** (0.184)	2.690 (2.254)	5.641*** (0.988)	2.601** (0.957)
<i>ln</i> (Años promedio de educación)	1.014*** (0.251)	0.288*** (0.051)	0.217** (0.077)	0.214*** (0.052)	0.115* (0.053)
<i>ln</i> (Tasa de mortalidad)		-0.662*** (0.045)	-0.440** (0.140)	-0.217* (0.102)	-0.156** (0.065)
<i>ln</i> (experiencia)			1.011 (0.662)	0.115 (0.278)	-0.157 (0.266)
<i>ln</i> (Fertilidad)				-1.074*** (0.206)	-0.503*** (0.108)
<i>ln</i> (Crecimiento Poblacional)					0.703*** (0.081)
Test <i>F</i>	16.39	147.47	138.09	187.98	632.63
Número de observaciones	95	95	95	95	95
Número de grupos	10	10	10	10	10
<i>R</i> ² within	0,206	0,519	0,531	0,582	0,611

Fuente: cálculos propios en base a encuestas de hogares de ministerios o institutos de estadística nacionales de cada país, División de Población de las Naciones Unidas, CEPAL e indicadores del Banco Mundial.

Nota: errores robustos entre paréntesis. Las estimaciones se realizan en base a un modelo de efectos fijos (FE) para un panel desbalanceado. Significancia estadística: **p*<0.1, ***p*<0.05, ****p*<0.01.

Cuadro 2.5: Estadísticas descriptivas

Variable	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Logaritmo de índice de Capital humano	4,76	0,14	4,53	5,26
Logaritmo de años promedio de Educación	2,00	0,15	1,63	2,25
Logaritmo de tasas de mortalidad	2,96	0,40	2,15	3,60
Logaritmo de experiencia	2,91	0,06	2,79	3,04
Logaritmo de tasas de fertilidad	0,93	0,18	0,61	1,36

Fuente: cálculos propios en base a encuestas de hogares de ministerios o institutos de estadística nacionales de cada país, División de Población de las Naciones Unidas, CEPAL e indicadores del Banco Mundial.

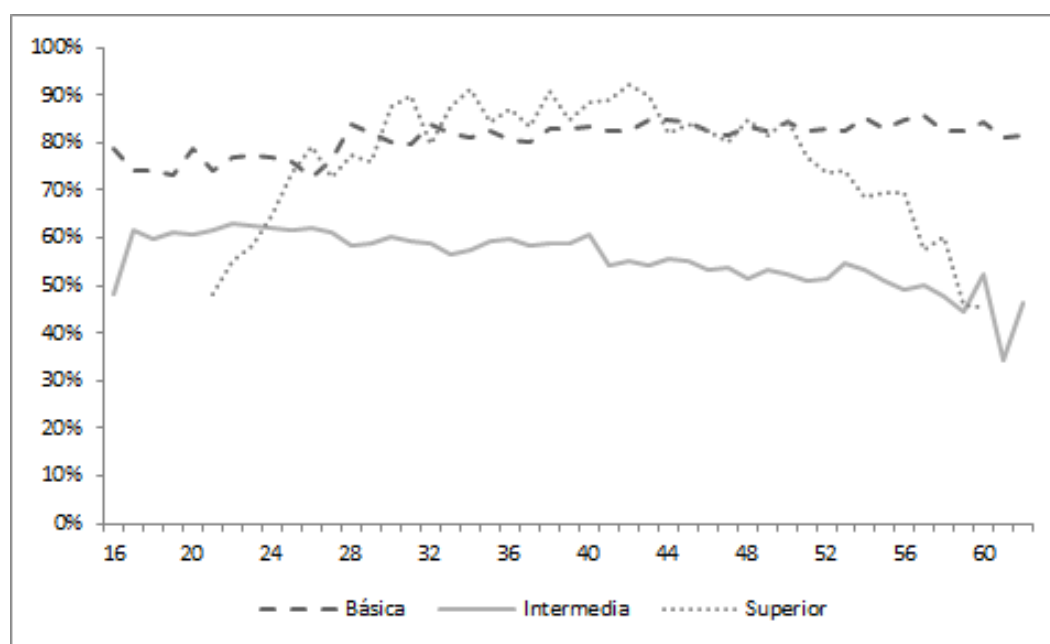


Figura 2.1: Tasas de empleo para hombres - Colombia 2006

Fuente: cálculos propios en base a encuesta continua de hogares del DANE.

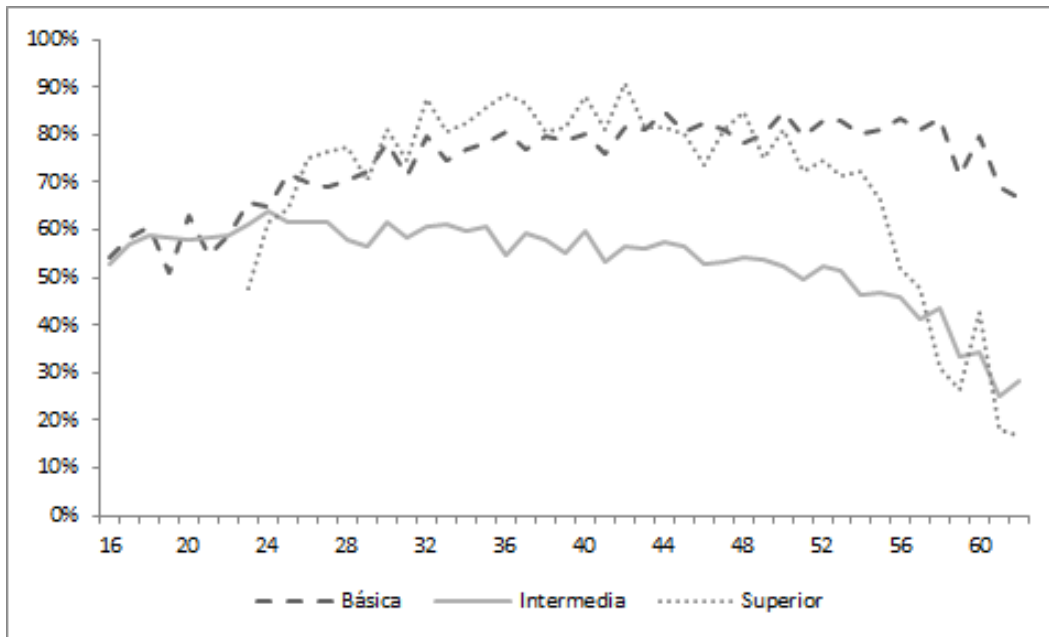


Figura 2.2: Tasas de empleo para mujeres - Colombia 2006

Fuente: cálculos propios en base a encuesta continua de hogares del DANE.

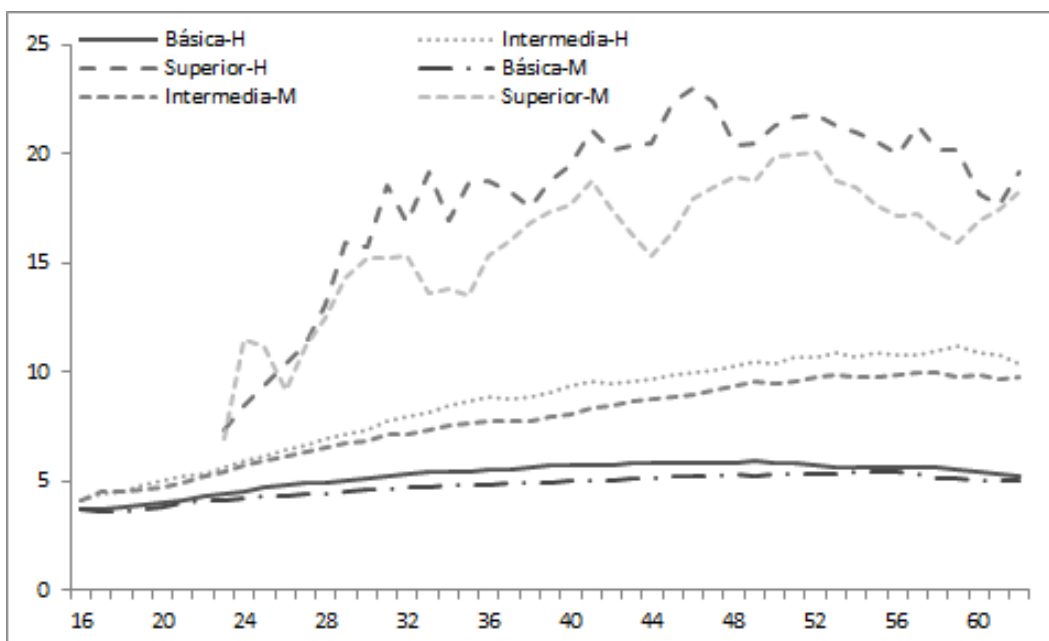


Figura 2.3: Ingresos anuales Colombia - 2006 (Millones de pesos)

Fuente: cálculos propios en base a encuesta continua de hogares del DANE.

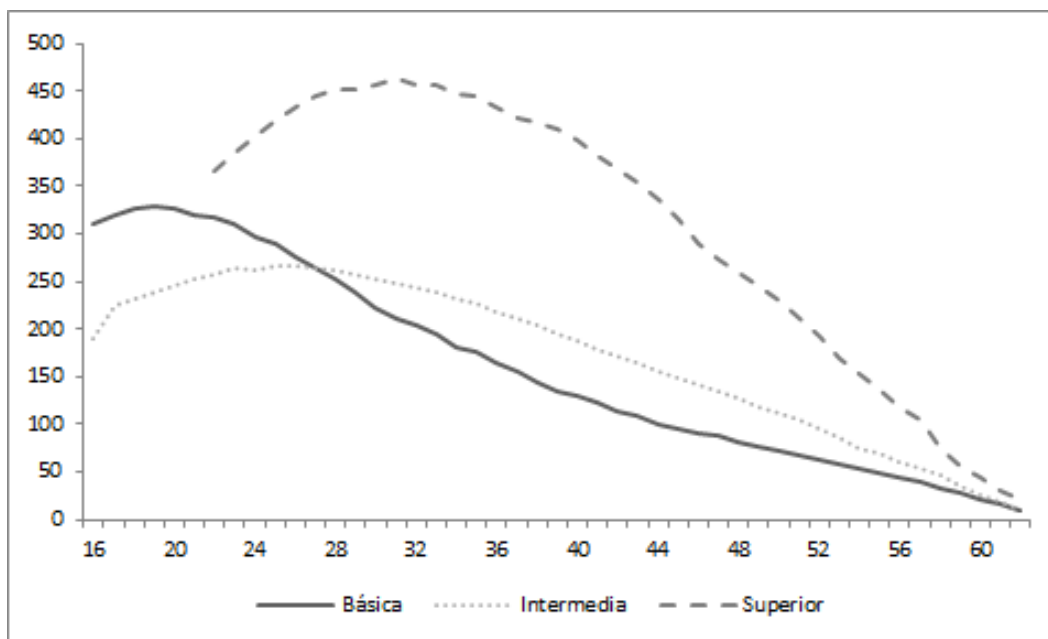


Figura 2.4: Ingresos de toda la vida - hombres por nivel educativo, Colombia - 2006
Fuente: cálculos propios en base a encuesta continua de hogares del DANE.

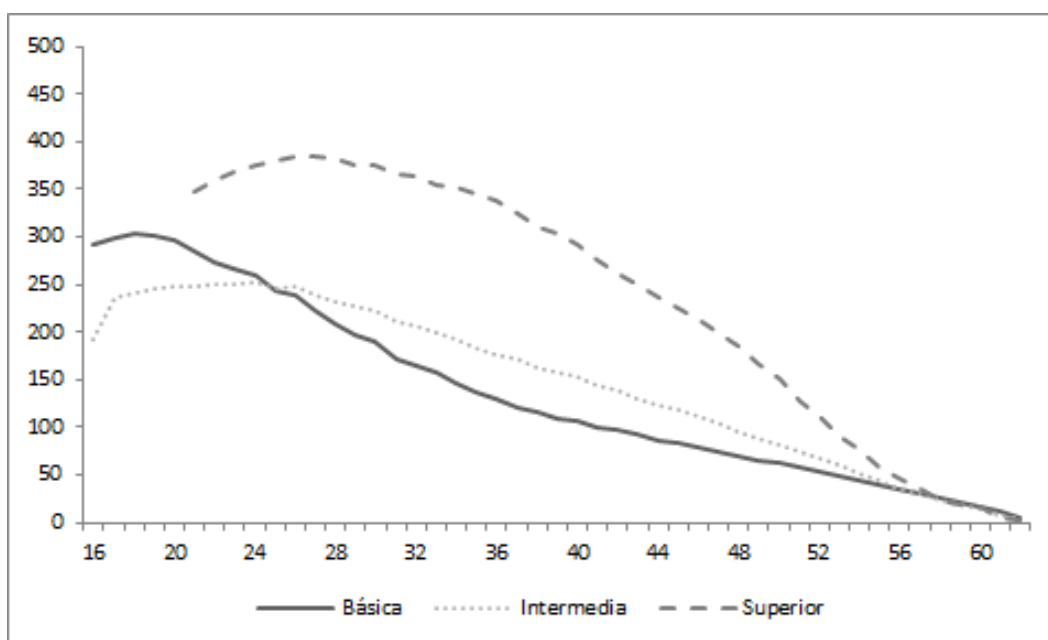


Figura 2.5: Ingresos de toda la vida - mujeres por nivel educativo, Colombia - 2006
Fuente: cálculos propios en base a encuesta continua de hogares del DANE.

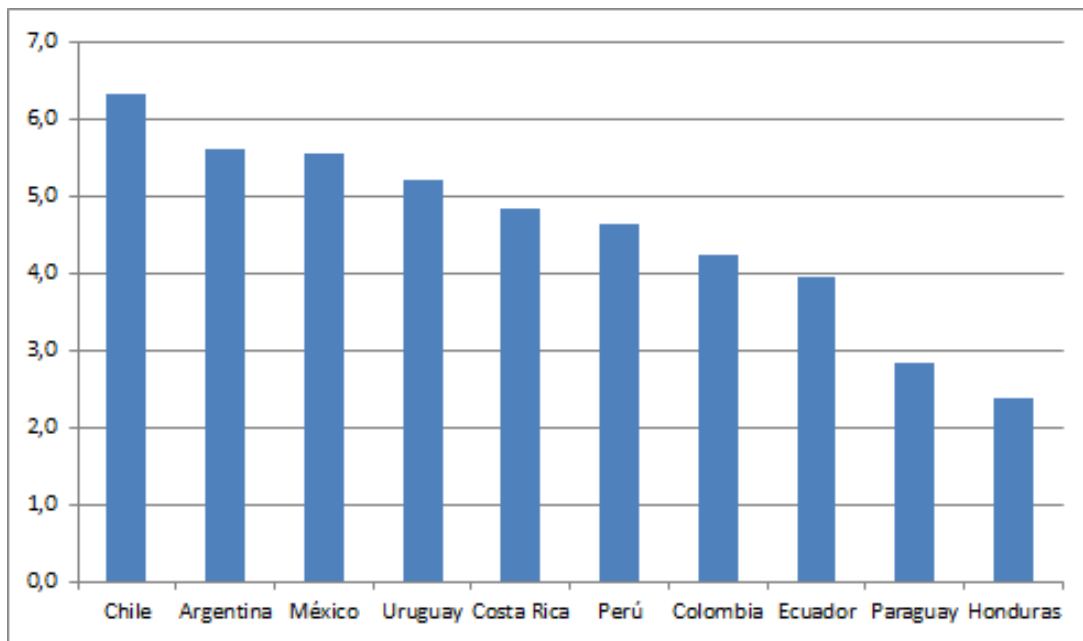


Figura 2.6: Ratio stock de capital humano a PIB nominal – 2006

Fuente: cálculos propios en base a encuestas de hogares de ministerios o institutos de estadística nacionales de cada país, División de Población de las Naciones Unidas y CEPAL.

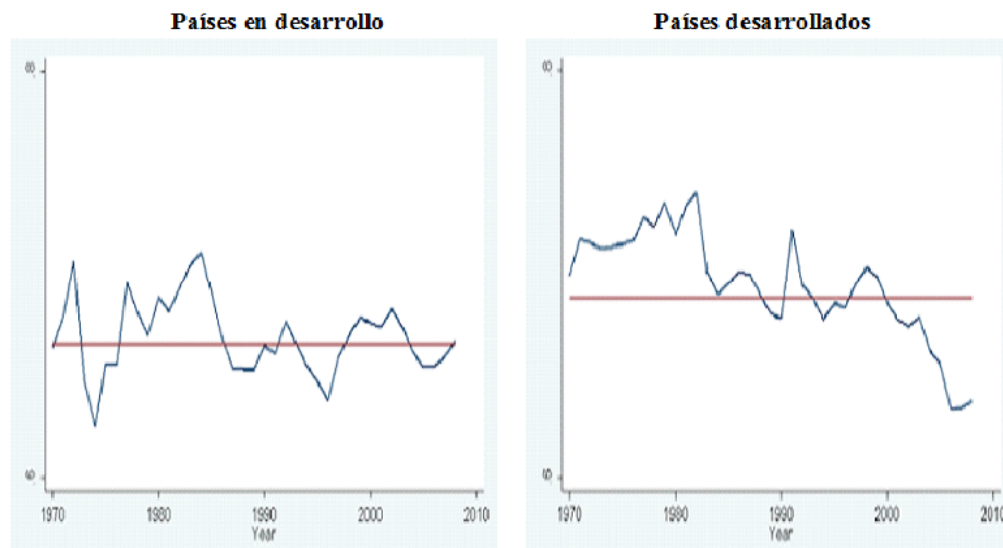


Figura 2.7: Valores promedios de la participación laboral por niveles de desarrollo.

Fuente: Tomado de [Guerriero \(2012\)](#). Cálculos basados en compensaciones a empleados ajustados por número de empleados, fuerza laboral, empleadores, impuestos indirectos y capital fijo.



Figura 2.8: Valores de la participaciones laboral y no laboral para países latinoamericanos. Fuente: Cálculos propios en base a datos de la CEPAL de remuneraciones a los asalariados, excedente de explotación y consumo de capital fijo a costos de factores.

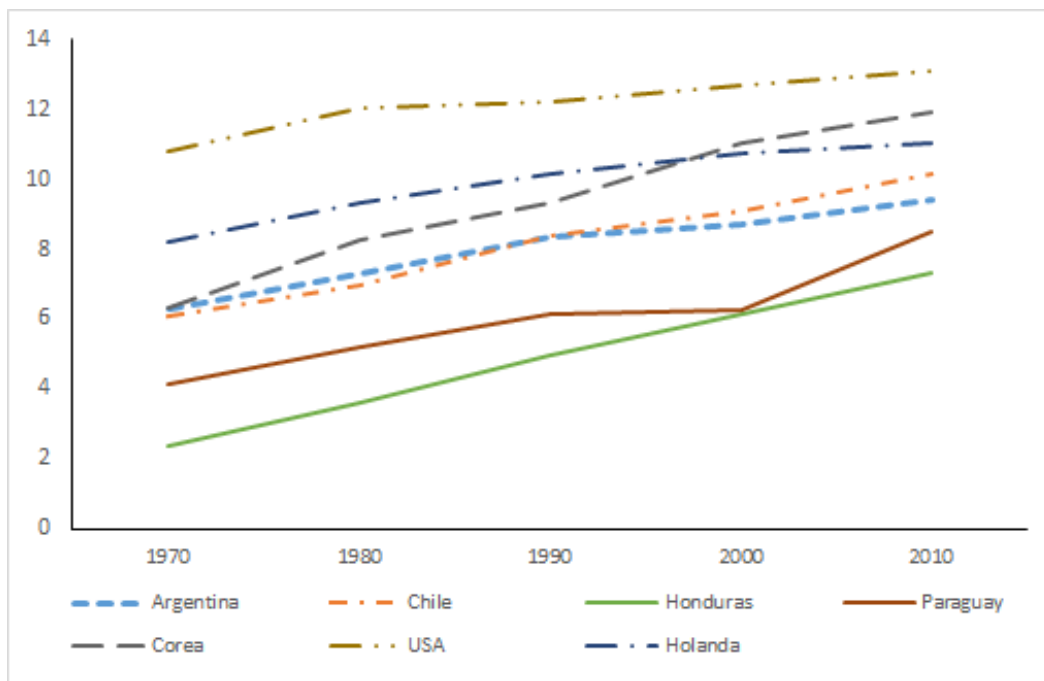


Figura 2.9: Años promedios de educación para población adulta, 1970-2010.
Fuente: Cálculos propios en base a datos [Barro y Lee \(2013\)](#).

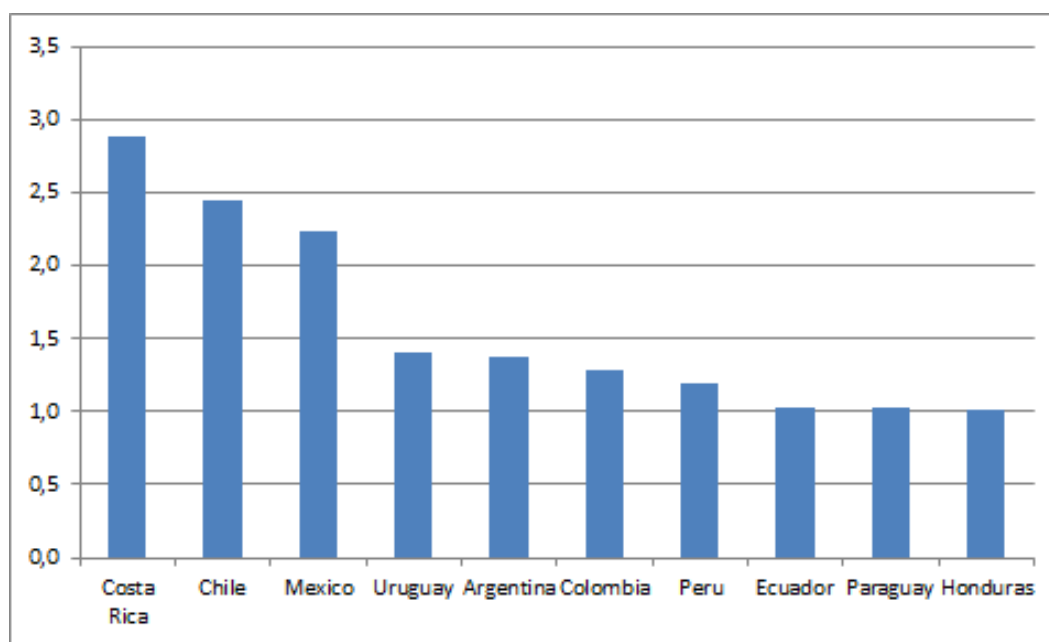


Figura 2.10: Ratio stock de capital humano a capital físico – 2006

Fuente: cálculos propios en base a encuestas de hogares de ministerios o institutos de estadística nacionales de cada país, División de Población de las Naciones Unidas, CEPAL y [Feenstra et al. \(2013\)](#).

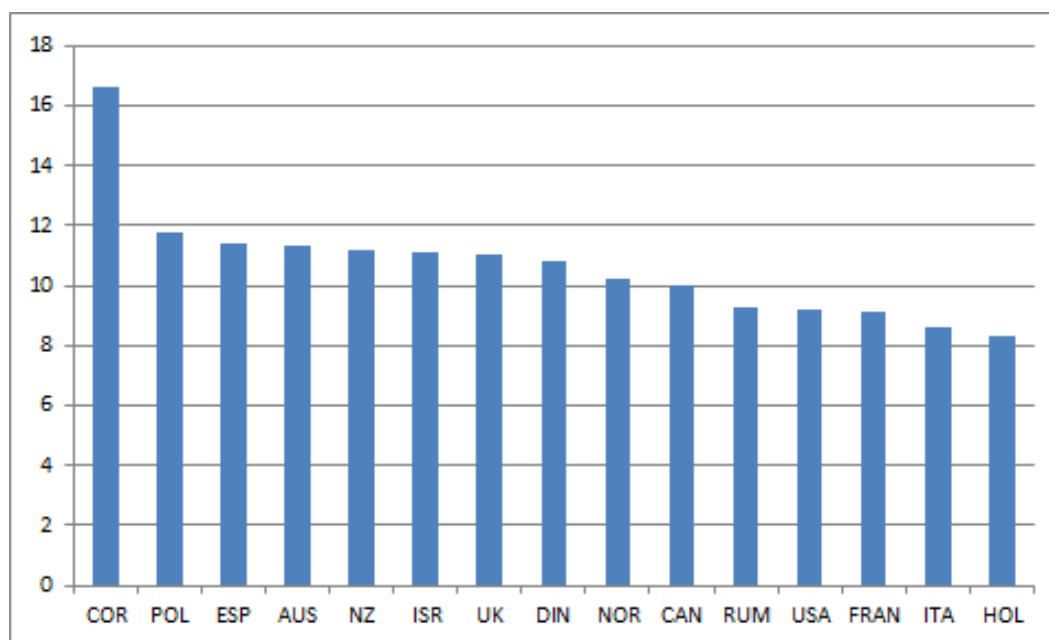


Figura 2.11: Ratio stock de capital humano a PIB nominal Países de OECD– 2006

Fuente: Tomado del Proyecto de capital humano OECD, [Liu \(2011\)](#).

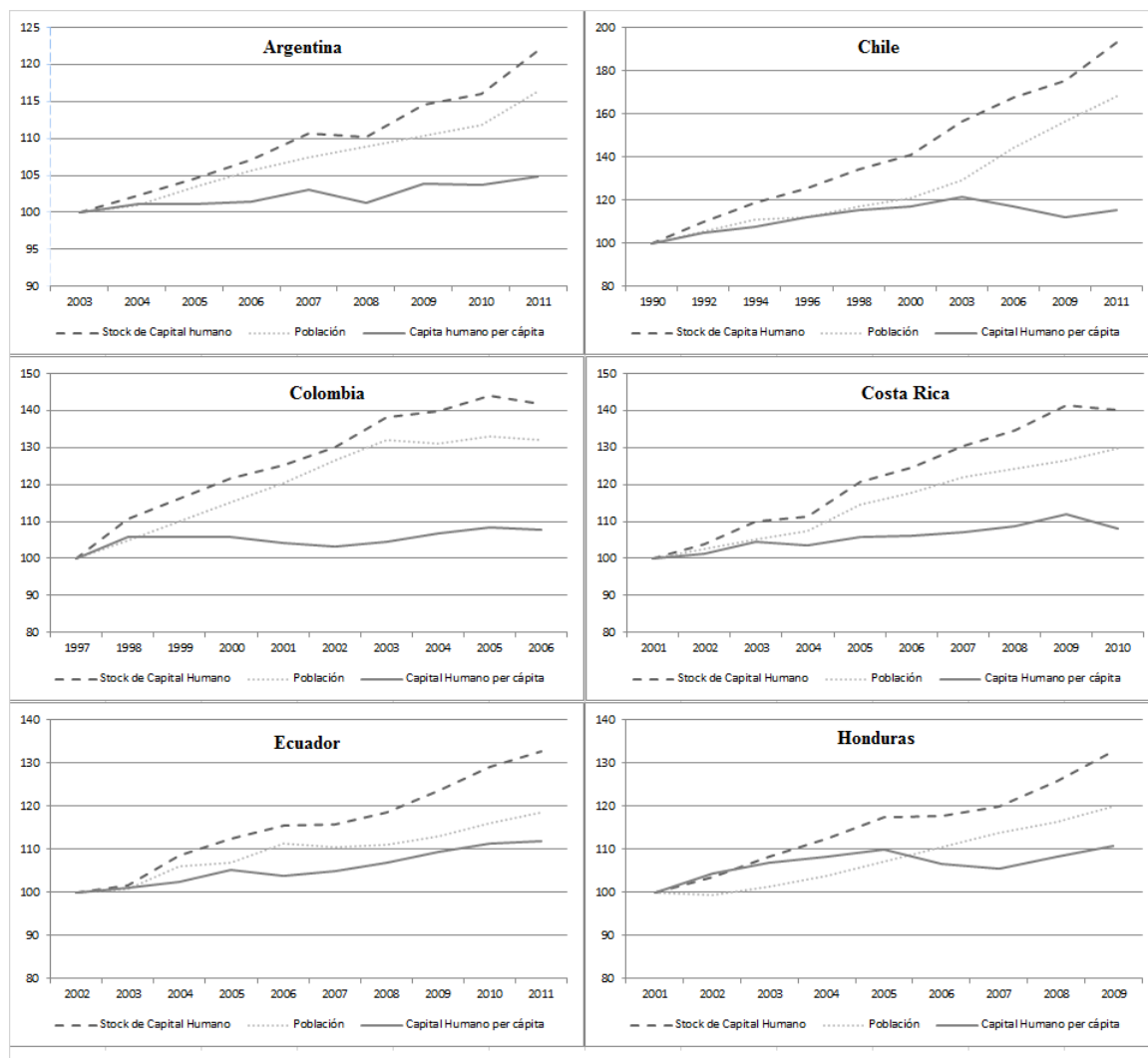


Figura 2.12: Índices de volúmenes del stock de capital humano, población y capital humano per cápita.

Fuente: cálculos propios en base a encuestas de hogares de ministerios o institutos de estadística nacionales de cada país, División de Población de las Naciones Unidas y CEPAL.

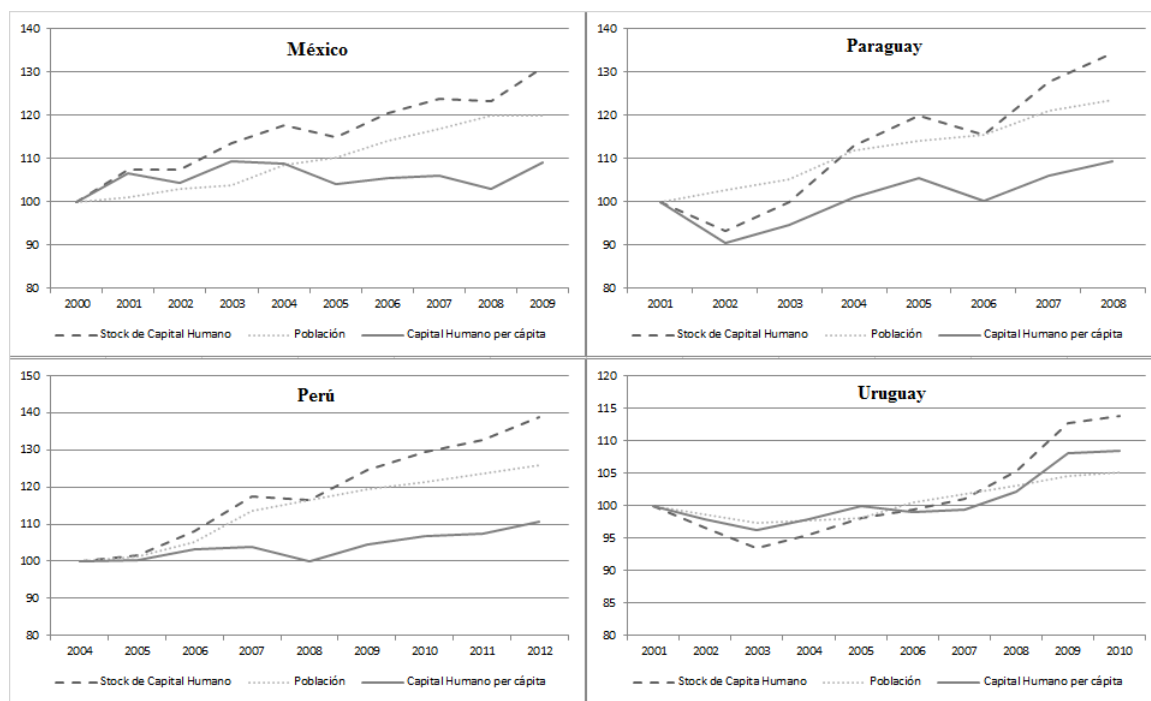


Figura 2.13: Índices de volúmenes del stock de capital humano, población y capital humano per cápita (Continuación).

Fuente: cálculos propios en base a encuestas de hogares de ministerios o institutos de estadística nacionales de cada país, División de Población de las Naciones Unidas y CEPAL.

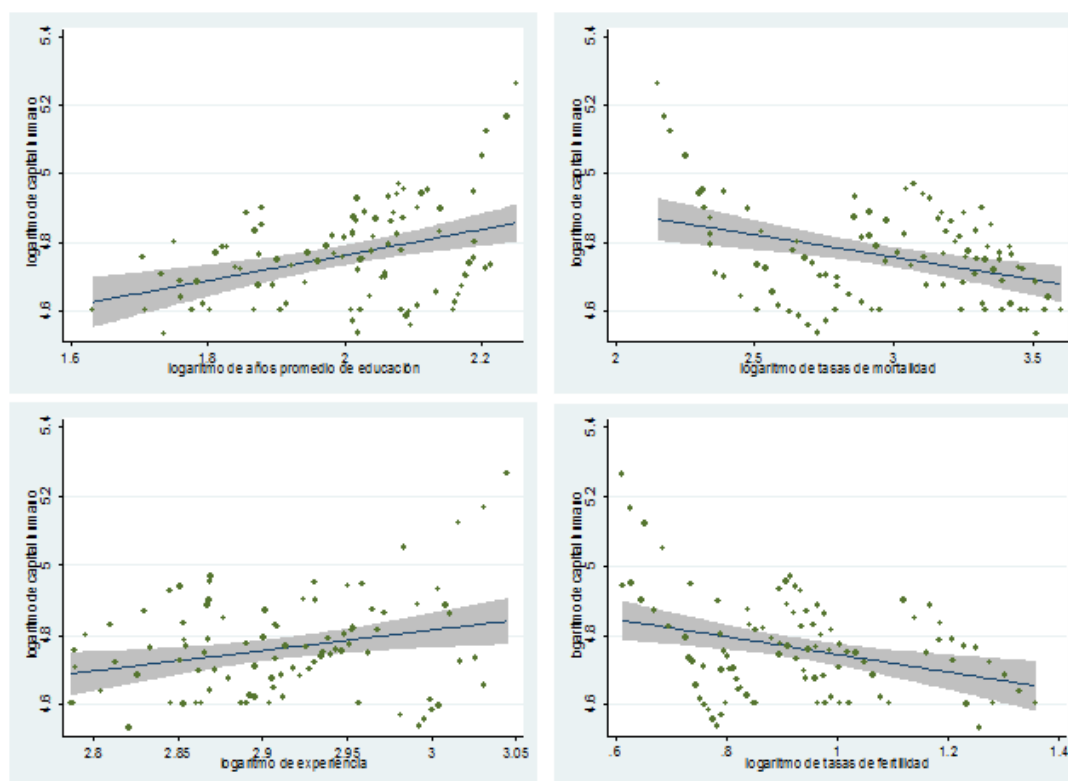


Figura 2.14: Correlaciones entre variables claves para el capital humano

Fuente: cálculos propios en base a encuestas de hogares de ministerios o institutos de estadística nacionales de cada país, División de Población de las Naciones Unidas, CEPAL e indicadores del Banco Mundial.

Capítulo 3

La importancia relativa de la educación como determinante del capital humano: evidencia mediante el uso de mínimos cuadrados parciales

Resumen

En este capítulo se estima un índice del capital humano para una muestra de 91 países en un periodo de 40 años. Se busca con ello dilucidar el grado de importancia de los elementos que inciden sobre el capital humano en espacio y tiempo. El modelo presentado fusiona dos ramas de medición del capital humano mediante la construcción de un sistema de ecuaciones. De esta manera es posible determinar cuál componente es el más influyente al observar no solamente los efectos directos, sino también teniendo en cuenta los que se producen en las retroalimentaciones que se generan en el sistema. Aunque generalmente la literatura le ha dado un papel central a los logros educativos como determinante del capital humano, los resultados de este documento indican que tal importancia dependerá del periodo analizado, de la zona geográfica evaluada y del condicionamiento al que se someta la variable educativa. Al tener en cuenta los efectos totales, los resultados revelan que las variables no relacionadas a la educación reportan un igual o mayor impacto sobre

el rendimiento del capital humano. Adicionalmente, se encuentra que las variables educativas pierden poder de explicación en el tiempo, a medida que los países se hacen más homogéneos.

3.1. Introducción

En las últimas décadas, la búsqueda de una medida apropiada de capital humano ha recobrado una especial importancia, particularmente por su uso en las investigaciones empíricas de crecimiento económico. Trabajos como los de [Kyriacou \(1991\)](#), [Wolff \(2000\)](#), [Bils y Klenow \(2000\)](#) señalan el sobredimensionamiento que se le ha dado al capital humano. Estos resultados, sorprendentes a la luz de los modelos de crecimiento, señalan que la utilización de una mala *proxy* del capital humano es la causante de esta aparente baja relación ([Cohen y Soto, 2007](#)). Los enfoques tradicionales para estimar este *stock* están plagados de limitaciones y críticas.

El enfoque más utilizado para aproximar el capital humano, es el basado en la educación. Esta rama de la literatura considera que la educación formal es el principal componente del capital humano y que, por lo tanto estará bien caracterizado por una variable educativa, generalmente los años promedio de educación. Sin embargo, la educación formal es apenas una arista de un concepto que abarca dimensiones más amplias y complejas, por lo que utilizarlo como único elemento de consideración para evaluar al capital humano crea serias limitaciones en el análisis.

Con el ánimo de superar algunas de estas limitaciones, este capítulo tiene como objetivo estimar un índice de capital humano de tal manera que se ajuste de manera más adecuada a la noción establecida para este *stock*. Al mismo tiempo, se quiere examinar la importancia relativa de las variables que determinan su rendimiento, particularmente el impacto que tienen los logros educativos. Finalmente, se pretende evaluar el desempeño de este indicador en relación con la medida tradicional en la literatura basada en educación.

El documento presenta varias novedades con respecto a otros estudios relacionados. En primer lugar, estima un índice de capital humano desde una perspectiva teóricamente más apropiada, fusionando dos grandes ramas de la medición del *stock*: potencial y rendimiento. En segundo lugar, utiliza una metodología conocida como PLS-PM (*Partial Least Square*

Path Modeling) que permite trabajar con conceptos abstractos y obtener valores explícitos de las variables latentes, con lo cual es posible construir una serie para un periodo amplio de cuarenta años. Finalmente, representa el primer intento, con este tipo de metodología, de estimar al capital humano a nivel internacional con el mayor número posible de países, mediante un marco más comprensivo que tiene en cuenta el carácter multidimensional de este concepto, al tiempo que analiza la importancia relativa de los componentes que lo afectan¹.

La metodología utilizada ha sido acogida satisfactoriamente en disciplinas como la psicometría y ha comenzado a recibir atención en aplicaciones económicas mediante sus diferentes variantes, agrupadas en lo que se conoce como Modelos de Ecuaciones Estructurales (MEE)². En la literatura MEE se incluye una variedad de metodologías para estimar sus parámetros, dentro de las cuales está PLS-PM³. Estos modelos han sido diseñados para relacionar conceptos abstractos mediante un sistema de ecuaciones. Los modelos MEE tienen la ventaja de obtener dos tipos de estimaciones: una medida del impacto que cada indicador tiene sobre las variables latentes y una para la que se produce entre estas últimas. Así las cosas, se puede entender cuál indicador es el más importante en la construcción de una variable latente, así como cuál es el conductor de mayor relevancia en la relación entre ellas.

Las características de estos modelos se ajustan bien a la estimación del capital humano por tres razones fundamentales. En primer lugar, este *stock* es una variable no observable, con lo cual su estimación debe realizarse de manera indirecta. En segundo lugar, este constructo no puede ser concebido desde una perspectiva unidimensional, sino por el contrario, como el resultado compuesto de la confluencia de varias variables. Por último, el capital humano influye sobre la productividad de los trabajadores y sobre los retornos esperados, así como sobre su capacidad para crear y absorber nuevas tecnologías. Por lo tanto, este

¹Aunque [Messinis y Ahmed \(2013\)](#) realizaron estimaciones de un índice de capital humano a nivel internacional mediante análisis de componentes principales, sus resultados podrían estar sesgados por cuanto el método utilizado puede llevar a un problema de circularidad.

²Para aplicaciones de estos modelos en relaciones con crecimiento económico vea por ejemplo: [Brumm \(1997\)](#), [Graff y Karmann \(2001\)](#) y [Cavusoglu \(2012\)](#).

³El modelo más utilizado es conocido como LISREL (*Linear Structural Relations*), es un método basado en la matriz de covarianzas de las variables manifiestas. Recientes técnicas han sido desarrolladas como GME (*Generalized Maximum Entropy*) y GSCA (*Generalized Structured Component Analysis*), los cuales comparten muchas de las características de PLS-PM.

capital tiene una doble connotación al ser tanto resultado como consecuencia de diferentes variables. En este orden de ideas, el capital humano debe ser estimado respetando su carácter abstracto, multidimensional y direccional.

Además de esta sección, el documento se divide como sigue: en la sección 3.2 se presentan algunas ventajas y limitaciones del método PLS-PM. En la sección 3.3 se presenta la especificación de los modelos utilizados y se describe la construcción de los datos necesarios para la implementación del método. En la sección 3.4 se reportan y discuten los resultados y en la sección 3.5 se concluye.

3.2. Ventajas y limitaciones de PLS-PM

Los modelos MEE son técnicas estadísticas que han generalizado los modelos de primera generación (modelos de ruta, análisis factorial, componentes principales, regresión múltiple, etc.). Estos modelos construyen un sistema de ecuaciones simultáneas que permiten estimar las relaciones causales, de acuerdo con un modelo teórico, conectando dos o más variables latentes (no observables), medidas a través de indicadores observables. Así las cosas, se puede entender cuál indicador es el más importante en la construcción de una variable latente, así como cuál es el conductor de mayor relevancia en la relación entre ellas. Adicionalmente, estos modelos permiten capturar los efectos indirectos que se producen entre las variables latentes. Esto es importante para este estudio, pues se trata de verificar hasta qué punto las variables educativas inciden sobre el rendimiento del capital humano en relación con otras variables, bien por sus efectos directos o por los que se producen indirectamente.

A diferencia de otros modelos MEE, con PLS-PM se obtienen de manera explícita los valores o los *scores* de las variables latentes, lo cual es una ventaja pues permite evaluar el desempeño del indicador creado en el tiempo y compararlo con otros indicadores que han sido utilizados como *proxy* para el capital humano.

Por otro lado, los supuestos distribucionales en las variables aleatorias no son requeridos así como tampoco sobre la escala de medida. La no dependencia de supuestos distribucionales de los datos, admite estimaciones con datos altamente sesgados, un problema

típico de las variables económicas ([Henseler et al., 2009](#))⁴. Sin embargo, existen supuestos que deben cumplirse, tanto en las relaciones del modelo de medida como del modelo estructural. De los supuestos usuales en los modelos de regresión estándar, el más importante es el de especificación del predictor, que establece que la parte sistemática de la regresión lineal debe ser igual a la esperanza condicional de la variable dependiente. De esta manera los residuos no están correlacionados, como tampoco hay correlación entre el residuo de cierta variable latente endógena y sus variables latentes exógenas.

PLS-PM puede evaluar modelos complejos sin generar problemas en la estimación (impropia o no convergente)⁵ debido a la simplicidad del algoritmo que utiliza para la estimación de los parámetros, lo cual le permite a PLS-PM trabajar con pocas observaciones y un número elevado de variables latentes. Sin embargo, al igual que los modelos más tradicionales en econometría, los parámetros estimados a través de PLS-PM convergen a los parámetros poblacionales, si aumentan tanto el tamaño de la muestra como el número de indicadores de cada variable latente ([Wold, 1982](#)).

PLS-PM no escapa a limitaciones y desventajas. En primer lugar, un argumento estándar en contra del enfoque de variables latentes es que la variable latente en referencia puede establecer diferentes conceptos. Por ejemplo, el concepto de entorno socioeconómico utilizado en este documento ha sido medido a través del valor agregado que aporta el sector agrícola al PIB, y por una variable que clasifica a los países de acuerdo con su ingreso nacional bruto. Se podría argumentar que estas variables miden un concepto diferente.

Por otro lado, no existen formalmente pruebas de significancia para los resultados de las estimaciones de los parámetros. Por lo cual es necesario validarlos a través de procesos de re-muestreo, por ejemplo, a través de *bootstrapping*.

⁴Puesto que PLS-PM estima los parámetros del modelo a través de un proceso iterativo mediante MCO, no es necesario que los datos sigan una distribución normal. Por otro lado, modelos como LISREL deben cumplir con este supuesto dado que la estimación se realiza mediante Máxima Verosimilitud (MV). Cuando este supuesto es violado las estimaciones mediante MV pueden ser insesgadas y consistentes pero ineficientes. En este caso LISREL debería ser estimado, por ejemplo, con Máxima Verosimilitud Robusta (MVR).

⁵En modelos como LISREL no convergente significa que los procesos iterativos de estimación por MV no convergen antes de 250 iteraciones. Dentro de las principales causas de esta no convergencia se encuentran el tamaño de la muestra, el tamaño de las cargas de los factores y el número de indicadores por factor. Por otro lado, soluciones impropias en una estimación de un modelo de ecuaciones estructurales se refiere al caso donde una o más de las varianzas estimadas tienen valores negativos. Para detalles de los problemas que generan estos casos vea [Boomsma y Hoogland \(2001\)](#).

La posibilidad de imponer valores o restricciones en los coeficientes de ruta no existe en PLS-PM, a diferencia de modelos basados en covarianzas (Tenenhaus et al., 2005). Finalmente, PLS-PM asume relaciones de causalidad lineales entre las variables e independencia entre ellas, lo que impide el uso en modelos basados en series de tiempo.

3.3. Estimación del índice de capital humano

3.3.1. Especificación del modelo

El modelo estimado en este capítulo utiliza un conjunto de variables disponibles para un amplio conjunto de países de diferentes niveles de desarrollo conformado por un total de 91 para el periodo 1970-2011. La lista de países se presenta en el Apéndice A.1. Las variables utilizadas y las relaciones de causalidad se basan en la literatura tradicional de capital humano⁶. En el apéndice A.2 se ofrecen detalles de las variables discutidas en esta sección.

El modelo estima un índice de capital humano bajo dos enfoques: potencial y rendimiento. El capital humano es un concepto abstracto definido como habilidades y destrezas cognitivas que surgen de la acumulación de factores tales como educación, salud, habilidades innatas, etc., los cuales forman un *stock* potencial. Posteriormente esta acumulación le permite a los individuos generar una serie de rendimientos reflejados en productividad, capacidad innovadora e inventiva, entre otros (Folloni y Vittadini, 2010). Estos rendimientos se ven afectados por la calidad de los insumos utilizados en la acumulación del capital humano potencial. La calidad de la educación y la salud, por ejemplo, dependerá de factores tales como los recursos destinados por parte de los hogares, de las condiciones socioeconómicas de los países, entre otros. En ese orden de ideas, este documento aprovecha estas dos perspectivas para establecer conexiones entre el capital humano potencial (educación y salud) y el rendimiento (productividad e innovación), al tiempo que tiene en cuenta el impacto directo que generan los recursos disponibles y las condiciones socioeconómicas

⁶Laroche et al. (1999), Le et al. (2003) y Folloni y Vittadini (2010) hacen una revisión exhaustiva de la literatura alrededor de la medición de este *stock*.

sobre el capital humano potencial y, de manera indirecta, sobre el rendimiento del capital humano, para generar el índice.

Para ilustrarlo, en la figura 3.1 se divide el modelo en cinco conceptos (conocidos como variables latentes y simbolizadas mediante elipses), para formar un sistema de ecuaciones denominado modelo estructural o interno. Las relaciones de causalidad entre estas variables son representadas por la dirección de las flechas.

El primer concepto, entorno socioeconómico (ξ_1), se fija como una variable exógena que impacta de manera directa sobre los recursos de los hogares (ξ_2), el estatus de salud (ξ_3) y logros educativos (ξ_4). Al mismo tiempo se establece que los recursos de los hogares influyan directamente sobre estas dos últimas variables. El modelo permite que la salud condicione los logros educativos. Finalmente, se quiere estimar el rendimiento del capital humano (ξ_5) condicionado al capital humano potencial, es decir, bajo la influencia directa de la acumulación de salud y educación e influenciado indirectamente por factores como el contexto de los países y los recursos disponibles.

El modelo estructural puede ser expresado de manera compacta, sin hacer distinciones entre las variables endógenas y exógenas, como

$$\xi = \mathbf{B}\xi + \zeta \quad (3.1)$$

donde ξ es el vector de variables latentes, $\mathbf{B}$ denota la matriz de coeficientes entre ellas y ζ representa los residuales del modelo estructural. Este modelo está sujeto a hipótesis de especificación, la cual implica cero correlaciones entre los residuales y las variables latentes

$$E(\zeta/\xi) = 0 \quad (3.2)$$

De manera desagregada se puede escribir las ecuaciones del modelo como sigue:

$$\xi_1 = \xi_1 \text{ (Nota : Variable exógena)} \quad (3.3)$$

$$\xi_2 = \beta_2 + \beta_{12}\xi_1 + \zeta_2 \quad (3.4)$$

$$\xi_3 = \beta_3 + \beta_{13}\xi_1 + \beta_{23}\xi_2 + \zeta_3 \quad (3.5)$$

$$\xi_4 = \beta_4 + \beta_{14}\xi_1 + \beta_{24}\xi_2 + \beta_{34}\xi_3 + \zeta_4 \quad (3.6)$$

$$\xi_5 = \beta_5 + \beta_{15}\xi_3 + \beta_{25}\xi_4 + \zeta_5 \quad (3.7)$$

Como cada una de las variables que intervienen en este sistema son conceptos latentes o no observables, deben primero ser estimados con la ayuda de variables observables, conocidas como manifestas o indicadores. En los modelos MEE esto es posible formando bloques de variables correlacionadas al mismo concepto, dichos bloques son denominados modelos externos o de medida. Entre más alta sea la correlación entre estas variables y mayor sea el número, mejor será la identificación del concepto. De esta manera, como cada variable latente forma un bloque, en este documento se tendrá un total de cinco modelos externos.

El primer bloque utiliza el concepto latente que abarca el entorno socioeconómico. Como señala [Laroche et al. \(1999\)](#), la adquisición de capital humano, tanto de tipo como de cantidad, dependerá de las inversiones pasadas, así como del contexto social, económico e institucional⁷. El entorno socioeconómico es medido a través del valor agregado que aporta el sector agrícola al PIB (VASA)⁸ y por una variable *dummy* que clasifica a los países de acuerdo con el ingreso nacional bruto (INB) per cápita en el periodo de estudio⁹.

⁷[Cunha y Heckman \(2007\)](#); [Cunha et al. \(2010\)](#) señalan que inversiones insuficientes para estimular las habilidades de los individuos en las etapas tempranas tienen consecuencias de larga duración que son muy difíciles de revertir. De mismo modo [Heckman et al. \(2006\)](#) muestran que las diferencias en los antecedentes en las etapas tempranas del ciclo de vida tienden a persistir y permanecer constantes en el tiempo. [Bowles et al. \(2001\)](#) resaltan los efectos que tiene los antecedentes de los padres en los resultados de sus hijos.

⁸Aunque existe diversas posiciones alrededor de la relación entre el valor agregado de la agricultura y desarrollo económico en general todas conducen a una reasignación de recursos del sector agrícola al sector industrial como condición para el desarrollo. Vea por ejemplo, [Gemmell et al. \(2000\)](#), [Gardner \(2000\)](#), [Mundlak et al. \(2004\)](#), [Tiffin y Irz \(2006\)](#) y [Tsakok y Gardner \(2007\)](#).

⁹Esta variable está basada en la clasificación realizada por el Banco Mundial, en la cual cada economía se ordena de manera ascendente de ingreso bajo, ingreso mediano (que se subdivide en mediano bajo y mediano alto) a ingreso alto, en base a su INB per cápita.

El siguiente bloque, recursos de los hogares, está basado en la idea económica de que el tamaño de los hogares es fundamental para la formación del capital humano. No todos los hogares van a asignar el mismo nivel de atención y recursos a sus hijos. Familias grandes contribuyen a generar niveles de capital humano bajos: para unos recursos dados, altas tasas de fertilidad (TF) restringen la formación de capital humano (Rosenzweig, 1986; Rosenzweig y Zhang, 2009; Temel, 2011)¹⁰.

La siguiente variable latente es el estatus en salud. Este constructo tiene efectos positivos sobre la educación y sobre el rendimiento del capital humano. La salud puede conducir a un aumento en el nivel de educación, ya que las personas sanas tienen un proceso de aprendizaje más desarrollado, tienen una mayor posibilidad de asistir a cursos y una mayor esperanza de vida que les permite pesar en una relación costo-beneficio de una manera más positiva¹¹. La salud es una forma de capital humano en la medida en que los trabajadores más sanos tienden a ser más productivos. No obstante, las inversiones en salud en los niños, más que en los adultos, pueden ser más importantes para el capital humano (Doyle et al., 2009). De esta manera, las variables utilizadas para medir el estatus en salud son la esperanza de vida (EV)¹² y la tasa de mortalidad para menores de cinco años (TM)¹³.

Los logros educativos han sido ampliamente señalados en la literatura como el mayor componente del capital humano. En este documento el constructo educativo será medido a través de la habitual variable años promedio de educación (APE)¹⁴. Sin embargo esta medida ha sido duramente criticada por cuanto no corrige por calidad (Hanushek, 2013). De esta manera se emplea la Relación Estudiantes-Profesores (REP) con el ánimo de recoger en alguna medida la calidad educativa¹⁵.

¹⁰Varios estudios han analizado el impacto de un incremento en el número de niños sobre las medidas de calidad infantil y, de ahí, su desarrollo como adultos. (Vea por ejemplo, Caceres, 2004; Black et al., 2005; Angrist et al., 2005).

¹¹Para una revisión sobre los efectos de los logros en salud sobre la educación y otras variables del capital humano vea, por ejemplo: Grossman (2008) y Eide y Showalter (2011).

¹²Vea por ejemplo Benitez-Silva y Ni (2008) para una revisión sobre longevidad y estatus en salud y a Jayachandran y Lleras-Muney (2008) para la relación existente entre esperanza de vida y capital humano.

¹³Las mejoras en las tasas de mortalidad infantil van de la mano con las reducciones en la morbilidad infantil y mejoras en la nutrición infantil, llevando a mejorar la estructura de los adultos (Alter, 2004).

¹⁴Vea Barro y Lee (2013) para la discusión alrededor de esta medida.

¹⁵Algunos estudios experimentales han mostrado la importancia de reducir el tamaño de las clases como instrumentos para mejorar la calidad vea, por ejemplo, Finn y Achilles (1999). Sin embargo, esto debe ser tomado con alguna precaución, Hattie (2005) restringe estos resultados a ciertas condiciones.

Finalmente, para medir el rendimiento del capital humano se supone que desde el punto de vista económico las habilidades cognitivas de los individuos inciden directamente sobre la productividad y capacidad innovadora de estos. Se presume que esta relación es estrecha, aumentos en el capital humano deben venir aparejados con incrementos en la productividad y sobre la capacidad que tienen para generar y adsorber nuevas tecnologías¹⁶. Para medir el nivel de productividad se utilizó el consumo de energía per cápita (CE)¹⁷. Además, se utiliza las solicitudes de patentes de residentes per cápita (PP). El número de patentes es una medida importante para un país en la medida que le permite mostrar su grado de competitividad. Se cree que el número de patentes puede reflejar el nivel científico y el nivel económico de un país¹⁸.

En los modelos externos se hacen los siguientes supuestos:

- En la estimación de los parámetros todas las variables manifiestas (VM) contenidas en la matriz $\mathbf{X}$ son transformadas para tener media cero y varianza unitaria. Para el bloque del rendimiento del capital humano las variables manifiestas son transformadas con el ánimo de recuperarlas posteriormente en niveles, lo cual implica tenerlas en la misma escala de medición mediante:

$$x_{ij}^{ajus} = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varphi_i \right) \frac{x_{ij}}{\varphi_i}$$

donde x_{ij}^{ajus} representa la i -ésima variable manifiesta ajustada para el país j y $\varphi_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m x_{ij}$. De esta manera, x_{ij}^{ajus} evoluciona en relación a la media de las variables manifiestas contenidas en el bloque.

- En cada bloque las VM's son transformadas para estar correlacionadas positivamente con sus VL's.
- Los modelos de medidas son estimados suponiendo bloques reflectivos, es decir que en cada bloque las VM's reflejan o asocian la misma VL. Este proceso de estimación

¹⁶La evidencia empírica muestra que el capital humano es un factor importante para explicar las diferencias en productividad entre los países vea por ejemplo: Barro, 1991, 2001; Goldin y Katz, 2001; Ang et al., 2011; Madsen et al., 2010.

¹⁷Vea a Stern y Cleveland (2004), Yoo (2006), Azlina (2012) para un análisis de esta variable como un insumo en la producción y, por lo tanto, de la productividad.

¹⁸Varios estudios enfatizan que las patentes pueden ser indicador de la productividad en I+D, por ejemplo, Cohen y Klepper (1996), Lanjouw y Schankerman (2004) y De Rassenfosse y de la Potterie (2009).

es conocido como Modo A el cual supone que cada una de las variables manifiestas son una función de la misma variable latente. De esta manera, los parámetros del modelo externo son obtenidos mediante una regresión simple de los indicadores sobre la variable latente subyacente:

$$X_q = \xi_q \lambda_q^\top + \varepsilon_q, \quad E(\varepsilon_q / \xi_q) = 0$$

donde los coeficientes λ_{pq} son llamados cargas, los cuales asocian la p -ésima variable manifiesta con su respectiva variable latente en el q -ésimo bloque y ε_{pq} es el término de error¹⁹.

Las estimaciones de los parámetros de los modelos interno y externo se consiguen mediante un proceso iterativo. El proceso de estimación es llamado parcial, porque resuelve los bloques uno a la vez por medio de alternar regresiones simples y múltiples. En el apéndice B, se dan detalles del modelo PLS-PM y del algoritmo utilizado para la estimación de los parámetros del modelo presentado en esta sección. En términos superficiales, el algoritmo PLS-PM se realiza en tres pasos. En primer lugar, se estiman las variables latentes como una combinación lineal ponderada de sus VM's. Las variables latentes calculadas son luego conectadas a los modelos interno y externo para derivar sus parámetros. Con esto se logra la máxima correlación entre variables manifiestas y latentes y entre estas últimas al relacionarlas de acuerdo con el modelo interno. Una vez lograda la primera estimación de las variables latentes, el algoritmo actualiza las ponderaciones hasta lograr cierto grado de convergencia²⁰. Finalmente, los coeficientes estructurales son estimados mediante una regresión múltiple entre los valores de las variables latentes²¹.

¹⁹Estas ecuaciones pueden ser estimadas por MCO como

$$\begin{aligned} \hat{\lambda}_q^\top &= \left(\xi_q^\top \xi_q \right)^{-1} \xi_q^\top X_q \\ &= COR(\xi_q, X_q) \end{aligned}$$

²⁰El criterio de convergencia común es establecido por $|w_{pq}^s - w_{pq}^{s-1}| < 10^{-5}$ donde w es el peso externo en la iteración $s = 1, 2, 3, \dots$

²¹Para un análisis detallado del algoritmo y de las capacidades de PLS-PM vea Löhmoller (1989).

3.3.2. Aclaraciones y limitaciones del modelo propuesto

Como se mencionó, el capital humano es un concepto abstracto que encierra habilidades y destrezas cognitivas de los individuos. Para lograr su identificación, en este documento se hace uso de la posición en la que se encuentra en el proceso productivo. Por un lado, se sabe que para alcanzar un determinado nivel, se debe hacer uso de una serie de insumos tales como escolaridad, salud, etc. En el otro extremo, y una vez alcanzado un nivel determinado de este capital, se debe generar una serie de rendimientos reflejados en productividad, capacidad de innovación, etc. En este sentido, el capital humano se encuentra en la mitad de este proceso, de tal manera que no es ni un insumo ni un producto final. No obstante, como no es observable, se trata de aproximarlos mediante los insumos o rendimientos relacionados con él, esperando que exista una alta correlación entre insumo y capital humano o entre rendimiento y capital humano. Ambos enfoques han sido utilizados en la literatura especializada.

Sin embargo, independientemente del enfoque que se use, surge la pregunta de por qué utilizar una medida compuesta cuando se podría utilizar una única variable para aproximar al capital humano. Para responderla se toma como ejemplo los años promedio de educación para el enfoque de insumo; y para el enfoque de rendimiento las dos variables utilizadas en este documento consumo de energía, una variable de productividad, y las patentes per cápita.

Para que alguna de estas variables pudiera ser considerada como una aproximación confiable del capital humano, debería recoger el mayor porcentaje de la varianza de este *stock*. En el caso del enfoque de insumo, movimientos de los años promedio de educación, deberían traducirse en movimientos en la misma dirección y con la mayor magnitud posible al capital humano. Entre más alto estas dos fuerzas trasladen este efecto, más seguros se estará que con una única variable se alcanza a capturar la esencia del capital humano, independientemente de que no se pueda observar.

Para el caso de años promedio de educación, existen varios argumentos para creer que este objetivo no se cumple de manera satisfactoria. Un primer argumento en contra de esta variable es que, como único elemento para aproximar al capital humano, no corrige por calidad asumiendo homogeneidad entre los individuos, y por lo tanto, haciéndolos sustitutos

perfectos. Por el mismo motivo, imposibilita la incorporación de diferencias en los sistemas educativos entre países en espacio y tiempo. Por último, al categorizar al capital humano de acuerdo con los niveles de escolaridad alcanzados, presenta el problema de dejar por fuera el capital humano de los individuos no escolarizados. De esta manera, los años promedio de educación como único elemento puede no ser una buena aproximación del capital humano, en la medida en que las limitaciones mencionadas tomen más fuerza y conviertan a esta variable en un mero reflejo de credencialismo, que no se traduce en aumento efectivo de las habilidades y capacidades de los individuos.

En el caso de la variable de productividad, consumo de energía, el problema radica en que no necesariamente las variaciones en ella corresponden exclusivamente al capital humano. La productividad también puede variar por otros factores (capital físico, mano de obra, etc.). Sin elementos adicionales, esta medida del capital humano por sí sola se convierte en imperfecta e incluso puede capturar elementos distantes de este, lo que genera un sesgo hacia arriba de la medición si la productividad de los países está sustentada fuertemente en elementos como el capital físico.

La variable de innovación, patentes per cápita, que en principio pareciera recoger su varianza explicada casi que exclusivamente del capital humano, es también limitada como único elemento. El problema es que esta variable capturará el segmento del capital humano que se concentra en la parte superior de la distribución. La generación de nuevo conocimiento o tecnologías necesita de individuos altamente calificados, lo que extrae aquel capital humano que no necesariamente se traduce en innovación, pero que es importante en otros campos como el de adsorción de nueva tecnología o la productividad. En este sentido, comparte el mismo problema de los años promedio de educación, al atribuir bajos niveles de capital humano a aquellos países con bajos registros de patentes per cápita.

Una variable más tradicional en el enfoque de rendimiento es la de las pruebas cognitivas internacionales. La medida recoge las puntuaciones obtenidas en pruebas internacionales de matemáticas y ciencias naturales. La conveniencia de utilizar los resultados académicos en las áreas de matemáticas y ciencias, ha sido justificada con base en que dichas disciplinas guardan una mayor relación con la innovación y la productividad, tanto desde un punto de vista teórico como empírico ([Hanushek y Kimko, 2000](#)). Sin embargo,

esta variable presenta algunos problemas que hacen difícil su utilización de manera consistente en aplicaciones empíricas, sobre todo las de corte longitudinal: la muestra es reducida para países en desarrollo y el número de periodos es muy corto. Desde el punto de vista conceptual, esta variable también presenta algunas limitaciones que reducen su capacidad para aproximar al capital humano como único elemento. En primer lugar, el grado en el que los *test* académicos en matemáticas y ciencias logran capturar correspondencias en aumentos en productividad o innovación es debatible. Las habilidades y destrezas de los trabajadores se manifiestan de múltiples formas y no pueden ser reducidas a solo un par de ellas, por ejemplo la capacidad de resolver problemas matemáticos. Aunque esta medida corrige por calidad, de cierta manera también supone homogeneidad de los sistemas educativos de los países, algunos de ellos podrían premiar más otro tipo de habilidades de los individuos, y de ahí, reducir sus resultados en las pruebas. Por otro lado, dado que la educación técnica y terciaria son los niveles importantes para la productividad y la innovación, podría afirmarse que no necesariamente buenos resultados en educación básica y media garantizan buenos resultados en las etapas posteriores, particularmente para países en desarrollo en los cuales las tasas de deserción son muy altas.

En resumen, el enfoque unidimensional capturará de manera imperfecta la medición del capital humano y acentuará su error, en la medida en que las limitantes mencionadas se hagan más importantes entre países. Por ejemplo, como muestran los datos los países tienen a homogeneizarse en términos de años promedio de educación, lo cual debería transmitirse también en la homogeneización del rendimiento, sin embargo, las brechas en términos de productividad, innovación y *test* académicos aún son considerables.

Una manera de superar los inconvenientes del enfoque unidimensional es haciendo una combinación de estas variables, de tal manera que se extraiga el componente ligado únicamente al capital humano de una manera más comprensiva y sistemática, guardando coherencia teórica y sin crear problemas de circularidad en la medición. El reto entonces está en identificar la parte de estas variables que es atribuible al capital humano, al tiempo que se distinguen y fusionan los enfoques de insumo y rendimiento. Este es precisamente el objetivo del modelo presentado en la sección anterior. Para ilustrar este punto supongamos que el capital humano (Ch) puede expresarse como

$$Ch = \lambda VI + u \quad (3.8)$$

donde Ch es explicado por una variable de insumo VI , como por ejemplo años promedio de educación, y por un vector de otros factores u . Para que VI pueda ser considerada como una buena aproximación de Ch debería esperarse que u estuviera muy cercano a 0, es decir que $E(u) = 0$, y que λ sea lo más alto posible. Por el contrario, si los factores contenidos en u inciden significativamente sobre Ch , la variable de insumo pierde validez como único elemento para aproximarla. En el caso de los años promedio de educación, entre más alto sea los factores relacionados a la diferenciación de los sistemas educativos entre países más alto será u y menos valida esta variable como *proxy*.

De mismo modo, una variable de rendimiento (VR) puede ser expresada como:

$$VR = \lambda Ch + \mu \quad (3.9)$$

entre más alto sea el valor de μ , menos poder de explicación tendría el capital humano sobre la variable de resultado, lo que reduce la pertinencia de la VR como *proxy*. En el caso de la variable de productividad, si gran parte de las variaciones de esta variable son consecuencia del capital físico más alto es μ y menor la validez de VR .

Ahora, es posible suponer que tenemos dos variables de rendimiento

$$VR_1 = \lambda_1 Ch + \mu_1 \quad (3.10)$$

$$VR_2 = \lambda_2 Ch + \mu_2 \quad (3.11)$$

estas dos variables comparten un componente en común, precisamente el capital humano. De esta manera, si se supone que $E(\mu_1 \mu_2) = 0$, los movimientos de cada una de VR_i apuntarán hacia direcciones distintas como consecuencia de μ_i , por un lado, y hacia la misma dirección como consecuencia de Ch . Si se encuentran variables con estas características, se podrá identificar a Ch extrayendo la varianza compartida entre las dos variables. Esto sería posible siempre y cuando se mantenga $E(\mu_1 \mu_2) = 0$ y más alta sea la

correlación entre las VR_i . De manera superficial, esto es precisamente lo que hace metodologías como análisis de componentes principales (ACP) o PLS-PM las cuales aprovechan la correlación existente entre variables que miden un mismo concepto para identificar una variable latente subyacente. Estas metodologías construyen una variable compuesta como la suma ponderada de las variables originales, maximizando la varianza compartida entre ellas y tratando de perder el menor grado de información. Sin embargo, PLS-PM va más allá permitiendo construir un sistema de ecuaciones que fusiona los enfoques de insumo y rendimiento, distinguiendo claramente cuales variables pertenecen a alguno de esos enfoques.

Esta forma de operar presenta ventajas sobre otras metodologías, por cuanto se estima el índice de capital humano bajo el enfoque de rendimiento pero retroalimentado con variables del enfoque de insumo, con lo cual se puede no solamente construir el concepto desde una perspectiva de equilibrio, sino que además es más consistente desde el punto teórico. Se podría también utilizar una metodología como ACP, pero si no se hace distinción entre variables de insumos o rendimiento esta metodología sería inconsistente teóricamente, por lo que sería difícil establecer con exactitud que se está calculando. Además, ACP podría generar un problema de circularidad exacerbando el sesgo de estimación.

Por otro lado, es claro que entre mayor sea el número de variables manifiestas, mejor será la estimación. Sin embargo, la inclusión de un número mayor de variables está restringida a la disponibilidad de los datos y las características de estos. El problema del modelo presentado en la sección 3.3.1 se encuentra en el bloque del rendimiento del capital humano, de ahí surge la pregunta ¿Son CE y PP suficientes para aproximarlos?

Como se discutió más arriba, ninguna de ellas por si solas constituyen buenos elementos para hacerlo. Al combinarlas y extraer la varianza compartida correspondiente al rendimiento del capital humano, se debería estar seguro de que existe un alto grado de asociación entre las variables manifiestas y saber con exactitud que se está midiendo. La relación entre CE y PP se establece porque la I+D se caracteriza por ser intensiva en capital humano, lo que necesita mayores niveles de educación en los niveles superiores, esta mayor demanda genera mayores salarios generando una mayor productividad. La evaluación mediante los *test* unidimensional y discriminante del modelo PLS-PM asegura el primer punto. En cuanto al segundo, obsérvese que la variable PP podría solamente contener la

parte superior de la distribución del capital humano, individuos de altas cualificaciones. De esta manera, al extraer de CE la parte que corresponde al capital humano tomando como referencia a PP y viceversa, posiblemente se estaría haciendo solo para una parte de ella, lo que genera un sesgo en las estimaciones.

Para evitar este posible sesgo se debería incluir una o más variables manifiestas que capturen la totalidad del espectro del capital humano. Algunos autores han incluido variables como comercio en equipos tecnológicos (suma de importaciones y exportaciones) para capturar la capacidad de los individuos para adsorber y adaptar nueva tecnología (Messinis y Ahmed, 2013) y *test* cognitivos (Hanushek y Woessmann, 2008) como complementos, pero dado lo limitado de la muestra y los periodos, solo sería útil con propósitos en sección cruzada y análisis de sensibilidad en este documento.

3.4. Estimación de resultados y validez de los modelos²²

En la literatura PLS-PM cada parte del modelo estimado necesita ser validada: el modelo de medida, el modelo estructural y el modelo general. Por lo tanto, antes de analizar los coeficientes alrededor del capital humano se debe validar el modelo completo para examinar el grado en el cual se producen resultados confiables.

Esto se realiza en dos etapas. En la primera, se efectúa un análisis de validez y fiabilidad del modelo de medida. Con ello se analiza si los conceptos teóricos están medidos correctamente a través de las variables observadas. Este análisis se realiza respecto a los atributos: validez (mide realmente lo que se desea medir) y fiabilidad (lo hace de una forma estable y consistente). En la segunda etapa se lleva a cabo una valoración del modelo estructural, evaluando el peso y la magnitud de las relaciones entre las diferentes variables latentes.

3.4.1. Modelo de medida

Como los modelos de medida en este estudio son reflectivos, se debe hacer un análisis de unidimensionalidad, dado que las variables manifiestas se asumen son causadas por

²²Para la presentación de los resultados se toma como referencia el año de 1970, a partir de esta estimación se replicará para el resto de los periodos. Para la estimación del modelo de la figura 3.1 se usa el software R mediante el paquete *plspm* (<http://cran.r-project.org/web/packages/plspm/index.html>).

la misma variable latente. Para ello se utilizan los índices de Alfa de Cronbach²³, Rho de Dillon-Goldstein²⁴ y valores propios²⁵, cuyos valores son mostrados en el cuadro 3.1. Usando la regla de valores mayores a 0.7 para el índice de Alfa de Cronbach y Rho de Dillon-Goldstein se observa que el bloque socioeconómico no alcanza el nivel aceptable para el primer índice. Sin embargo, como señala Chin (1998), el Rho de Dillon-Goldstein (RDG) es considerado ser un mejor indicador que el de Alfa de Cronbach dado que el primero se basa en los resultados del modelo (es decir, las cargas), en lugar de las correlaciones observadas entre las variables manifiestas en la base de datos. De esta manera, al pasar las pruebas en los dos siguientes indicadores puede considerarse a los bloques como unidimensionales.

Sin embargo, para darle mayor validez a los bloques se debe evaluar si los indicadores están bien explicados por sus variables latentes. Una manera de hacerlo es examinando sus cargas o correlaciones simples de las medidas o indicadores con su respectiva variable latente²⁶. La regla empírica más aceptada es la propuesta por Carmines y Zeller (1979), quienes señalan que la carga de un indicador será aceptada como integrante de una variable latente si posee un valor igual o superior a 0,707, lo cual implica que más del 50 de la varianza de una variable observada es compartida por el constructo. Sin embargo, diversos investigadores opinan que esta regla empírica ($\lambda \geq 0,707$) no debería ser tan rígida en las etapas iniciales de desarrollo de escalas (Barclay et al., 1995; Chin, 1998). En tal sentido Gefen et al. (2000) sugiere que únicamente las variables manifiestas con cargas más grandes

²³El Alfa de Cronbach es un coeficiente que mide que tan bien un bloque de VM's miden su correspondiente VL. En este sentido, cada VM se supone ser medida por la misma VL y, por lo tanto, estas deben estar altamente correlacionadas entre ellas. Este coeficiente se encuentra entre 0 y 1, considerándose que valores superiores a 0,7 son suficientes para garantizar la unidimensionalidad del bloque.

²⁴Es otro coeficiente utilizado para evaluar unidimensionalidad de un bloque reflectivo. Este indicador se concentra en la varianza de la suma de las variables del bloque de interés. Como regla general, se considera que un bloque es unidimensional cuando este indicador es mayor o igual a 0.7.

²⁵El tercer coeficiente involucra un análisis de valores propios de la matriz de correlaciones del conjunto de indicadores conectados a una VL. Si un bloque es unidimensional el primer valor propio debería ser mayor a 1, mientras en segundo debería ser menor a 1.

²⁶La carga es el coeficiente de regresión que acompaña a la VL en explicar la p -ésima VM en el q -ésimo bloque. Ellas representan las correlaciones entre cada VM y la correspondiente VL. Esta evaluación es conocida como fiabilidad individual del ítem, aquellos indicadores que no cumplan con este criterio podrían ser eliminados del modelo.

que 0,4 son significativas. El cuadro 3.2 reafirma que los bloques están bien explicados por las variables latentes incluso ante los requerimientos de [Carmines y Zeller \(1979\)](#).

Adicionalmente se puede utilizar el índice de comunalidad. Este índice mide cuanto de la variabilidad de las variables manifiestas en el q -ésimo bloque es explicado por su propia variable latente. La idea es tener más varianza compartida entre las variables latentes y sus indicadores que ruido. Por lo general, “buenos” valores de comunalidad son mayores a 0,5 ([Tenenhaus et al., 2005](#)). El cuadro 3.2 muestra que las variables manifiestas de todos los bloques están bien explicadas por sus variables latentes.

Finalmente, en el cuadro 3.3 se muestra hasta qué punto un constructo determinado difiere de otro, esto se conoce como evaluación discriminante. Esto se realiza verificando que la varianza compartida entre un bloque y sus indicadores es más grande que la varianza compartida con otros bloques ([Sanchez, 2009](#)). Como se observa ningún indicador carga más alto sobre otro constructo que sobre el constructo que intenta medir.

3.4.2. Modelo interno

El modelo interno puede ser examinado ahora que el modelo externo ha sido validado. En primer lugar se analiza el coeficiente de determinación de las variables latentes endógenas R^2 , el cual tiene la misma interpretación que en los modelos de regresión múltiple. El R^2 mide la cantidad de varianza de una variable latente endógena que es explicada por sus variables latentes independientes. [Falk y Miller \(1992\)](#) señalan que la varianza explicada de las variables endógenas debería ser mayor o igual a 0,1. Estos autores señalan que valores de R^2 menores de 0,1, aun siendo estadísticamente significativos, proporcionan muy poca información, por lo que las relaciones que se formulan como hipótesis con relación a esta variable latente tienen un nivel predictivo muy bajo. En el cuadro 3.4 se observa que las variables latentes en este estudio muestra un alto poder predictivo. Como referencia general del bloque, se puede utilizar el índice de comunalidad promedio el cual indica la cantidad promedio de varianza entre una variable latente y sus indicadores que es común a ambos. Las variables latentes satisfactorias deberían explicar más de la mitad de la varianza, esto es, el índice de comunalidad promedio debería exceder 0,5 ([Tenenhaus et al., 2005](#)). Adicionalmente, el coeficiente de determinación se suele acompañar por una medida análoga,

conocida como el índice de redundancia. Como señala [Vinzi et al. \(2010\)](#) este índice calcula la proporción de variabilidad de las variables manifiestas en un determinado bloque, como consecuencia de las variables latentes conectadas a él.

La prueba usualmente utilizada para evaluar validez de convergencia en un bloque es conocida como varianza extraída media (AVE, por sus siglas en inglés). Este índice intenta medir la cantidad de varianza que una variable latente captura de sus indicadores en relación a la cantidad de varianza debido a la medida de error. De acuerdo a [Fornell y Larcker \(1981\)](#), este índice debería exceder 0.5. No obstante, cuando las variables están estandarizadas, la medida AVE es similar a la de comunalidad promedio.

Aunque la calidad de cada modelo estructural puede ser medida por una simple evaluación del índice de ajuste R^2 , esto no es suficiente para evaluar el total del modelo estructural. En particular, como las ecuaciones estructurales son estimadas una vez la convergencia es lograda y los valores de las variables latentes son estimadas, entonces el R^2 toma en cuenta únicamente el ajuste de cada ecuación de regresión en el modelo estructural. Un criterio de bondad de ajuste ha sido desarrollado con el objetivo de tener en cuenta el comportamiento del modelo, tanto del modelo de medida como del estructural, este índice se conoce como el *GoF*²⁷. En la literatura valores más grandes que 0.7 son considerados como buenos dentro de la comunalidad de PLS-PM. El modelo presentado en este estudio muestra un $GoF = 0,7604$.

Una vez validado el modelo, lo fundamental en el análisis son los coeficientes de ruta, los cuales ilustran las asociaciones entre las variables latentes. Estos coeficientes han de ser interpretados del mismo modo que los coeficientes de las regresiones tradicionales. Para este caso, coeficientes estandarizados dan el cambio de la desviación estándar en alguna variable endógena como consecuencia del cambio en una desviación estándar en la variable explicadora, manteniendo todo lo demás constante. El cuadro 3.5 muestra las estimaciones de los coeficientes de ruta del modelo interno junto con los efectos directos e indirectos en la contribución de cada variable latente exógena en explicar las variables latentes endógenas. Esta tabla incluye los errores estándar entre paréntesis.

²⁷ Este indicador es un *test* no paramétrico que ayuda a evaluar el comportamiento tanto del modelo interno como el externo, es decir ayuda a evaluar el comportamiento de predicción del modelo total. El *GoF* es calculado como la media geométrica de la comunalidad promedio y el valor promedio del R^2 .

Como se observa, los efectos directos tienen el signo esperado y son estadísticamente significativos, excepto los del entorno socioeconómico sobre los logros educativos. En promedio, los países que tienen tamaños de hogares más grandes cuentan con menores resultados en salud y educación e indirectamente menores rendimientos de capital humano. Del mismo modo, países con mejores condiciones socioeconómicas tienen efectos positivos en estas tres variables. Como se esperaba, la educación juega un papel fundamental en la formación del capital humano. Sin embargo, al contrario de lo que sostiene el enfoque educativo, esta variable no es la única importante en el rendimiento de este *stock*. Los resultados señalan que sumando los efectos directos e indirectos, las variables salud y contexto socioeconómico tienen igual o mayor repercusión en el rendimiento del capital humano que la educación. En relación con los efectos totales, un cambio de una desviación estándar en las condiciones socioeconómicas y de salud de los países generan una variación de 0.684 y 0.718 respectivamente en el rendimiento del capital humano, mientras esta variación es de 0.445 en el caso de la educación. Asimismo, los recursos destinados también importan al disminuir el rendimiento en 0.421 a través de sus efectos indirectos.

Los resultados de este documento revelan que para los rendimientos del capital humano, las inversiones pasadas en términos de cantidad y calidad en salud, así como los antecedentes socioeconómicos y de hogares desempeñan una función primordial que va más allá de la educación formal. Esto es más explícito si se modifica el modelo representado en la figura 3.1 permitiendo conexiones directas de los bloques entorno socioeconómico y recursos de los hogares con el bloque de rendimiento del capital humano. El cuadro 3.6 muestra este ejercicio. En primer lugar, estas nuevas conexiones generan cambios marginales en los bloques diferentes al del rendimiento del capital humano. Para este último la educación y la salud reducen su impacto, y en el caso de la salud deja de ser significativa estadísticamente. Las dos nuevas variables ingresan al bloque con un fuerte impacto y de manera significativa reforzando los resultados del modelo base, en el sentido de relativizar la importancia de la educación sobre el capital humano y destacar la importancia de los demás factores. En este caso, y con respecto a los efectos totales, el contexto socioeconómico y los recursos destinados por los hogares impactan más fuertemente que la educación. Por su parte, los efectos totales de la salud, que pueden asociarse más a la calidad de la acumulación del capital humano, son similares a la educación.

Los efectos de la educación se ven amortiguados por varias fuentes. Las condiciones específicas de los países generan la formación de expectativas que influyen significativamente en la inversión del capital humano. Estas condiciones alteran los entornos de salubridad y por lo tanto de bienestar, lo que condiciona los logros educativos. La suma de estos efectos se verá reflejada posteriormente, directa e indirectamente, en el rendimiento de los trabajadores. Adicionalmente, la naturaleza de la estructura productiva de los países puede generar una menor o mayor demanda de mano de obra calificada, acompañada de remuneraciones bajas o altas, lo que impacta nuevamente en el rendimiento.

Las nuevas conexiones presentadas en el cuadro 3.6 permiten observar el poder explicativo conjunto de las variables latentes en el tiempo, como determinantes del comportamiento del capital humano. Esto es posible al calcular la contribución porcentual que aporta cada variable latente exógena al bloque del rendimiento del capital humano (ver cuadro 3.7). En promedio la educación aportó el 28 % del R^2 al bloque durante las cuatro décadas en estudio, ocupando el segundo lugar como componente más importante. Sin embargo, se observa una tendencia ambivalente para esta variable. En efecto, en la figura 3.2 se separa la contribución que ha tenido la educación frente a las demás variables latentes durante el periodo 1970-2010. Como se observa, hasta 1990 la educación no solo jugó un papel fundamental en la formación de capital humano, además lo hacía de manera creciente durante el periodo 1970-1990. Esto coincide con el fuerte crecimiento de los logros educativos a nivel mundial. Para este periodo los años promedio de educación crecieron a nivel mundial cerca del 21 %, lo que hizo que los países se hicieran cada vez más homogéneos en términos de logros educativos. Sin embargo, a partir de los años noventa la educación fue perdiendo paulatinamente fuerza de explicación sobre los rendimientos del capital humano, en beneficio de los demás elementos que lo constituyen. Parece que la homogenización en términos de cantidad educativa comenzó a ser cada vez menos importante para explicarlos, mientras los demás factores, relacionados directa o indirectamente con la calidad de este *stock*, comenzaron a tomar más relevancia.

Estos resultados señalan la importancia que tiene la educación en el rendimiento del capital humano, pero también que otros factores contribuyen de manera significativa, como por ejemplo el tamaño de los hogares, el entorno socioeconómico y el estatus de salud de

los países. En este documento la evidencia muestra la relevancia de estimar al capital humano respetando su carácter multidimensional, al mostrar que la educación formal no es el único factor a tener en cuenta en dicha estimación. Al aproximarse al capital humano desde una perspectiva unidimensional se pierden importantes conexiones y retroalimentaciones que se establecen en su formación. Al tenerlas en cuenta la variable educativa pierde fuerza, porque se evalúa a partir de su importancia relativa con otros constructos, y al mismo tiempo influenciada por ellos. La educación por si misma puede no reflejar los niveles de capital humano efectivos si se considera, por ejemplo, que una vez alcanzado un nivel determinado de estudios los individuos son homogéneos y, por lo tanto que su rendimiento laboral será el mismo. Al mismo tiempo, los resultados revelan que la educación está perdiendo poder de explicación en el tiempo en relación con los demás factores ligados al capital humano. En la medida en que los países se homogeneizan en términos de cantidad educativa, esta agota su capacidad para explicar el rendimiento de la productividad y la capacidad de generar nuevo conocimiento. En principio, la cantidad educativa juega un papel fundamental pues da la base para aumentar el rendimiento del capital humano, pero una vez alcanzado cierto nivel, parece que factores como la calidad son los que importan para el crecimiento de este *stock*.

3.4.3. Índice del Capital humano

Como se mencionó, el modelo PLS-PM permite obtener valores explícitos de las variables latentes. Sin embargo, como las variables manifiestas fueron transformadas con media cero y varianza unitaria, las variables latentes tienen las mismas características. Esto permite analizar posiciones relativas del rendimiento del capital humano para los países en sección cruzada. No obstante, para un análisis sobre la evolución del rendimiento del capital humano a través del tiempo, se hace necesario obtener el indicador en niveles.

Como señala [Fornell y Larcker \(1981\)](#) es posible transformar los valores de las variables latentes estandarizadas en niveles, siempre y cuando las variables manifiestas de los bloques tengan la misma escala y los pesos externos sean positivos. Como el bloque del rendimiento del capital humano está compuesto por dos variables con la misma escala,

es posible transformar las estimaciones de este bloque para obtener un índice en niveles, aplicando la siguiente transformación:

$$\hat{\xi}_5^* = \frac{\hat{\xi}_5}{\sum \tilde{w}_{p5}} = \frac{\sum \tilde{w}_{p5} x_{p5}}{\sum \tilde{w}_{p5}} \quad (3.12)$$

donde $\hat{\xi}_5$ son las estimaciones del índice mediante PLS-PM, $\tilde{w}_{p5}$ son los pesos externos normalizados y x_{p5} es el vector de variables manifiestas.

Con el ánimo de realizar un análisis comparativo del índice de capital humano creado (de aquí en adelante ICH) y la variable tradicional para aproximar al capital humano, Años Promedio de Educación (APE), el cuadro 3.8 presenta ambos indicadores para el total de países y desagregados por nivel de desarrollo. A nivel agregado se desprende que tanto APE como ICH muestran tasas de crecimiento positivas, pero decrecientes (APE presentó un crecimiento del 75 % mientras ICH lo hizo en 159 % entre 1970 y 2010). Las tasas cada vez menores de ambos indicadores señalan que en el largo plazo podrían acercarse a un estado estacionario. Por un lado es sensato pensar que, dada la naturaleza de APE, esta medida inevitablemente tiene un límite, no solo por una razón fisiológica de los individuos, sino además por las relaciones costo-beneficio en las inversiones en las que se incurre en este tipo de activo, lo que explicaría la pérdida de incidencia sobre los rendimientos de capital humano. Para el caso de ICH, aunque muestra tasas superiores a las de APE en el largo plazo, parece caer inexorablemente en la misma tendencia. En la construcción de ICH se emplean variables, que aunque en principio están más relacionadas con la calidad del capital humano, de ahí que pueden ser una medida más eficiente para aproximarlos, tienen también un límite (esperanza de vida, tasa de mortalidad, tamaño de los hogares, etc., están tendiendo a puntos donde ya no es posible mejoras en estos indicadores), el cual es transferido al ICH agregado en el largo plazo.

En contraste, al segmentar la muestra de países por nivel de desarrollo, se observa que ICH aún muestra un margen más amplio de crecimiento, cuando se tienen en cuenta únicamente los países en desarrollo. En efecto, para este último grupo, después del fuerte crecimiento en los años setenta (82 %) y un menor crecimiento en los ochenta (18 %), ICH ha venido creciendo a tasas cada vez mayores, llegando en 2010 a tasas cercanas al 56 %. Entre tanto, para este grupo de países APE sigue la misma tendencia que el de la muestra

agregada. Es evidente que al segmentar los países por bloques de desarrollo, aún se mantienen brechas considerables en las variables necesarias para estimar ICH, que hacen que estas transfieran tasas positivas y crecientes para los países en desarrollo.

El cuadro 3.9 presenta un resumen más detallado de los resultados de ICH, clasificando los países en siete regiones durante las décadas 1970 a 2010. Algunos hechos importantes son los siguientes:

- Desde 1970 la media mundial del índice de capital humano ha presentado un incremento significativo y sostenido. Durante la década de los setenta se produjo una explosión en términos de productividad e innovación en todas las regiones, las cuales generaron altas tasas de crecimiento del índice, sin embargo, estas se han venido reduciendo paulatinamente.
- En general, al interior de cada zona geográfica se observan incrementos en las desigualdades del indicador, medidas mediante las desviaciones estándar. Algunos países crecen a tasas tales que les permiten saltar a posiciones más altas de capital humano, distanciándose en el tiempo de sus vecinos cercanos.
- Como se observa, las diferencias entre algunas zonas son significativas, mientras los países europeos y Asia Oriental y el Pacífico han estado aproximadamente entre 1.5 y 3 veces por encima de la media mundial, el resto de países oscila entre 4 y 28 por debajo de dicha media. Estas diferencias en el rendimiento del capital humano son más marcadas que el potencial, lo cual coincide con las afirmaciones de [Hanushek y Woessmann \(2008\)](#), en cuanto a la existencia de grandes brechas entre la educación cuantitativa y la cualitativa. En efecto, las zonas con niveles de educación más bajos se encuentran solo entre 1.3 y 1.9 por debajo de la media mundial.
- Los países de Asia Meridional y Occidental (AMO) y África al sur del Sahara (ASA) presentan los menores indicadores del capital humano. En conjunto, estas dos regiones se encuentran por debajo de la media mundial, con rangos que oscilan entre 9.3 y 28 veces la media mundial. En estas zonas se encuentran países como Nepal, Bangladesh, Benín, Etiopía, Togo, entre otros, los cuales siempre ocupan posiciones bajas en la distribución del rendimiento del capital humano. En particular, ASA presentó

tasas negativas del índice en las décadas de los ochenta y noventa haciendo que se aleje de la media mundial. Esta época coincide con los malos resultados en indicadores como crecimiento económico y reducciones en las tasas de matrícula, entre otros, (Glewwe et al., 2014)²⁸.

- Los países que conforman los Estados Árabes muestran uno de los mayores crecimientos del índice del capital humano, al tiempo que aumentan las diferencias entre ellos (impulsados particularmente por Kuwait, Bahrein y Arabia Saudita). Desde 1970 esta zona ha aumentado en seis puntos su índice con respecto a la media mundial.
- América Latina mostró una tendencia creciente en el indicador de capital humano, pero a tasas relativamente moderadas, lo que ha aumentado la distancia con países de bloques más desarrollados. De hecho, en todo el periodo de estudio, esta región no solo ha estado por debajo de la media mundial, sino que ha aumentado su margen. Chile ha sido un país destacado en el comportamiento de este indicador, pues a partir de la década de los ochenta su índice ha crecido significativamente hasta ubicarse en la actualidad a la cabeza de los países latinoamericanos.
- Una región que ha mostrado un rendimiento destacable en el índice de capital humano durante los cuarenta años de estudio, ha sido la de los países que conforman Asia Oriental y el Pacífico (AOP). Su índice ha subido significativamente, ubicándose incluso por encima de los niveles de los países de Europa Occidental y América del Norte para el 2010. Este comportamiento ha sido sustentado por los tigres asiáticos. De hecho, en esta región se encuentra el país con el mejor rendimiento durante todo el periodo, Corea del Sur. Según los resultados, en 1970 este país ocupaba el puesto 37 de los 91 países, cuarenta años después ocupa los primeros puestos de los países con el mayor indicador de rendimiento de capital humano a nivel mundial.

²⁸Como señalan Glewwe et al. (2014) estos dos fenómenos están relacionados, explicando que el mal comportamiento del crecimiento económico puede ser consecuencia, en parte, al vacío de progreso en la educación de los países Africanos, al tiempo que el mal comportamiento económico reduce la capacidad de los hogares para enviar a sus hijos a la escuela.

- El bloque de América del Norte y Europa Occidental (AN y EU) ha mostrado uno de los crecimientos más moderados de capital humano, en promedio 28 % entre 1970 y 2010, pero en términos absolutos es el bloque con la mayor participación mundial. Este grupo también es uno que presenta las mayores diferencias entre sus integrantes. Países como Noruega, USA o Alemania muestran niveles muy superiores a países como Chipre o Malta.
- Por niveles de desarrollo se dilucida que, aunque las diferencias son marcadas al inicio de 1970, las brechas se vienen reduciendo paulatinamente a favor de los no desarrollados. Es decir que mientras se expanden las diferencias entre zonas geográficas por niveles de desarrollo se evidencia convergencia en el indicador.

Desde una perspectiva general, el índice muestra que los países exhiben tasas positivas pero decrecientes en el rendimiento del capital humano. Para algunas zonas estas tasas han sido insuficientes para alcanzar un grado de convergencia más significativo. En otras incluso se presentan resultados adversos, tasas negativas, lo que las aleja más de la media mundial. Para tener un mejor entendimiento de las tendencias señaladas, se observa que las estimaciones son resultado de tres efectos: el valor relativo de las variables manifiestas del bloque del rendimiento del capital humano, las correlaciones (cargas) y las ponderaciones de estas variables. Para que una única variable manifiesta contribuya al índice, esta debe dominar tanto en una alta correlación y ponderación como en su comportamiento relativo. Por otro lado, las ponderaciones de ICH se ven afectadas por los *scores* de los demás bloques, que a su vez están determinados por las cargas, ponderaciones y valores relativos de sus propias variables manifiestas.

El cuadro 3.10 muestra los pesos y cargas de los diferentes bloques estimados. Como se observa en el bloque de las condiciones socioeconómicas, VASA establece un ligero dominio en términos de ponderaciones en las dos últimas décadas. El bloque de salud se mantiene relativamente estable y equilibrado, tanto en ponderaciones como en cargas. En el bloque educativo APE, que en principio presenta cierto dominio para transferir información a ICH, pierde fuerza en el tiempo. Finalmente, en el bloque del rendimiento del capital humano, aunque existe una leve disminución en las ponderaciones de la variable que captura innovación y un aumento en las de la productividad, no existe un dominio preponderante

en ninguna de las dos variables, ni en términos de carga ni en ponderaciones. Ambas variables presentan una fuerte relación con el bloque y conservan ponderaciones relativamente similares a lo largo del periodo, con lo cual se descarta que alguna de estas variables por sí sola, conduzca el índice vía cargas o ponderaciones.

De esta manera el comportamiento de ICH, tanto en términos absolutos como en tasas de crecimiento, puede ser explicado por el comportamiento conjunto de las variables manifestadas. Con el ánimo de dilucidar la conducta de ICH, el cuadro 3.11 toma como ejemplo algunas estadísticas descriptivas del bloque del rendimiento del capital humano para tres zonas geográficas: Europa Central y Oriental (ECO), América latina (AL) y África al Sur del Sahara (ASA). Como se observa, el descenso de ICH (14 %) en la década de los ochenta para ECO, se produce por una caída en innovación del 26 %, la cual no pudo ser compensada por el aumento en la productividad del 16 %. Asimismo, para la década de los noventa ambas variables exhiben tasas negativas, complementándose y precipitando una caída de ICH de 33 %. Para América Latina las bajas tasas de crecimiento de ICH se explican por los malos resultados en términos de innovación, en todo el periodo se producen tasas negativas para PP contrarrestando significativamente los aumentos de CE. El comportamiento para ASA es similar al de AL pero con caídas más pronunciadas en innovación (53 % para la década de los ochenta y 33 % para los noventa).

Por otra parte, como ya se mencionó se produce un fenómeno ambivalente al observar que, mientras por un lado al interior de las zonas geográficas se producen aumentos en las desigualdades del indicador, por otro, los países no desarrollados reducen sus diferencias con los bloques desarrollados. Ante este comportamiento general, es necesario preguntarse hasta qué punto se han registrado convergencias en las dotaciones de ICH. Para ello se ha utilizado una función de densidad Kernel, que permite observar el comportamiento de las distribuciones del índice del capital humano en tres diferentes momentos del tiempo: 1970, 1990 y 2010.

En la figura 3.3 se evidencia convergencia entre países, al observar que una porción importante de aquellos con dotaciones bajas de índice de capital humano se han trasladado en el tiempo hacia el lado derecho de la distribución. En efecto, para 1970 existía una fuerte concentración de países con bajos niveles de capital, la cual disminuyó significativamente

para 1990. En la última década esta tendencia se ha reforzado, al tiempo que se evidencia un fuerte aumento en las zonas donde aparecen los países con niveles medios de capital.

3.4.4. Análisis de sensibilidad

En la sección 3.3.1 se permitió que la salud influyera sobre la educación, sin embargo esta relación de causalidad también puede ser inversa (Ver, por ejemplo, a [Cutler y Lleras-Muney, 2006](#); [Cawley y Ruhm, 2011](#)). En los cuadros 3.12 y 3.13 se realiza un análisis de sensibilidad a los modelos presentados en los cuadros 3.5 y 3.6, lo que permite que la educación afecte a la salud. Los resultados respaldan esta doble causalidad, la educación impacta fuerte y significativamente a la salud. No obstante, para el modelo general los resultados generales cambian marginalmente al mostrar que el modelo se mantiene robusto sin importar las conexiones de causalidad que se establezcan entre estas dos variables. En cuanto a los efectos totales la educación aumenta su impacto, pues gana los efectos indirectos que se generan sobre la salud, acercándose a los realizados por el contexto socioeconómico. Como se observa en el cuadro 3.13, el efecto es menos importante cuando todas las variables influyen simultáneamente sobre el rendimiento del capital humano. En este caso la educación se iguala a los efectos hechos por los recursos de los hogares y en una menor cuantía a los reportados por los contextos socioeconómicos.

Por otro lado, como se mencionó en la sección 3.3.2, el índice estimado podría estar sesgado, por cuanto al tratar de extraer la varianza correspondiente al capital humano utilizando como variables manifiestas a consumo de energía, como *proxy* de productividad, y patentes per cápita, como *proxy* de la capacidad innovadora e inventiva de los individuos, se podría estar considerando solo una parte de la distribución. Este problema debería ser solventado si se incluye en el bloque variables manifiestas que estén altamente correlacionadas con el capital humano, pero que incorporen elementos adicionales que no están presentes en las variables utilizadas hasta el momento. El problema con esto es que no se cuenta con datos a nivel internacional para una serie de tiempo y número de países que se incluyen en el presente estudio. Sin embargo, con el ánimo de evaluar el grado de sesgo del modelo, se analizan los resultados para un único periodo, agregando dos nuevas variables al bloque de ICH.

En primer lugar, se emplea la variable comercio per cápita de equipos relacionados con la investigación y la educación²⁹. Esta variable reconoce la importancia de las tecnologías informáticas y de la información, como críticas para la aplicación de habilidades cognitivas y de investigación. La justificación de centrarse sobre comercio en equipos de las TIC's, descansa sobre la intuición económica de una conexión entre comercio y habilidades de capital humano (Galor y Weil, 2000) y el rol positivo que puede jugar el comercio en la transferencia de tecnología (Apergis et al., 2009; Madsen et al., 2010). Esto también coincide con la evidencia de un efecto no lineal de la calidad educativa sobre el crecimiento, donde el efecto es más grande para aquellas naciones en las cuales el comercio es relativamente más abierto (Hanushek y Woessmann, 2008). Aunque esta variable está disponible para la totalidad de los países en referencia, solo se cuenta para el periodo 1970-2000.

En segundo lugar se incluye una variable del rendimiento en el aprendizaje de los estudiantes, puntuaciones obtenidas en pruebas internacionales. Esta variable ha sido justificada en relación con el capital humano, dado que estos *test* están altamente ligados con la innovación y la productividad, tanto desde un punto de vista teórico como empírico (Hanushek y Kimko, 2000). En este documento se utiliza los datos de Altinok y Murseli (2007), quienes han construido un indicador cognitivo con una muestra de diferentes pruebas internacionales. El problema de esta variable es que solo está disponible consistentemente para los años 2000, 2003, 2005, 2007 y 2009. Además, este indicador cuenta con un número reducido de países en desarrollo (22 países de los cuales dos son africanos y seis latinoamericanos), lo que reduce la muestra a 44 países.

Dada la limitación en términos de la disponibilidad de datos, el análisis de sensibilidad se realiza sobre un año común para las cuatros variables, el año 2000. El cuadro 3.14 muestra diferentes especificaciones ante la inclusión de las dos variables mencionadas, en relación con el modelo presentado en la sección 3.3.1. En ella se presenta las ponderaciones, las cargas, el coeficiente de determinación R^2 para el bloque del índice de capital humano, así como la medida de ajuste global del modelo y el tamaño de la muestra.

²⁹Esta variable es la suma de importaciones y exportaciones en equipo de las TIC's en (\$US). Se utiliza los datos de Feenstra et al. (2005) para las clases 7511-7529 en términos de los códigos de SITC Rev. 2 (4 dígitos). Estos equipos consisten en máquinas de escribir, máquinas para tratamiento de textos, máquinas de calcular, fotocopadoras, máquinas de oficina, máquinas de procesamiento de datos y el equipo, y el almacenamiento unidades de tratamiento de datos.

El modelo 1 es el presentado en la sección 3.4 para este año en común. En el modelo 2 se introduce la variable comercio per cápita de equipos informáticos y de la información relacionados con la investigación y la educación (C-I+D). La introducción de esta variable reduce las ponderaciones de CE en 0.159 y PP en 0.153, lo que incide sobre los *scores* del ICH (Ver cuadro 3.15). Sin embargo, las cargas de estas variables cambian marginalmente 0.004 y 0.057 respectivamente manteniendo una alta asociación con el bloque (Alfa de Cronbach=0.918 y Rho de Dillon-Goldstein=0.948). De hecho, los *scores* de ambos modelos muestran un coeficiente de asociación elevado ($\rho = 0.91$). Por otro lado, esta nueva variable parece no influir mucho ni en términos de explicación del bloque ni en el ajuste del modelo global.

Con el ánimo de hacer comparaciones con la variable de las puntuaciones obtenidas en pruebas internacionales (TEST), en los modelos 3 al 6 se reduce la muestra a 44 países. El modelo 3 es el modelo base para esta muestra de países. La reducción de la muestra incide particularmente sobre el coeficiente de determinación y el ajuste del modelo, pero no significativamente sobre las ponderaciones, cargas y *scores*. La incorporación de C-I+D para la muestra de 44 países (modelo 4) reporta resultados muy similares al modelo 2, es decir, reducción de ponderaciones sin alterar significativamente el resto de los indicadores del modelo 3.

Por otra parte, la incorporación de TEST (modelo 5) genera algunos cambios al modelo 3. Por un lado, el poder explicativo del modelo aumenta, particularmente el del bloque. Esta variable parece ayudar, al igual que C-I+D, a la identificación del bloque de manera más precisa, al eliminar el ruido presente en el modelo original. El TEST reduce la ponderación de CE en 0.162 y PP en 0.139, lo cual puede ser atribuido al sesgo presente en los modelos 1 y 3. Aunque, de nuevo, las variables mantienen relativamente estables sus cargas, dilucidando una alta asociación con el bloque y por lo tanto, se podrá medir de manera correcta el rendimiento del capital humano (Alfa de Cronbach=0.863 y Rho de Dillon-Goldstein=0.917). Finalmente, el Modelo 6 incorpora la variable TEST al modelo 4. La incorporación conjunta de estas dos variables genera una reducción de las ponderaciones de CE en 0.236 y PP en 0.237, al tiempo que las cargas se reducen marginalmente. Los resultados son similares al modelo 5 en términos de ajuste. En este modelo aumentan

los *scores* de los países sin alterar significativamente sus posiciones relativas (Ver cuadro 3.16).

En resumen, la incorporación de estas variables muestra que el indicador estimado presenta cierto sesgo que incrementa las ponderaciones de las variables manifiestas del bloque de ICH (en promedio, 0.18 para ambas variables). Sin embargo, también se observa que no se alteran significativamente ni las cargas ni el poder explicativo de los modelos. De hecho, los resultados demuestran, ante la inclusión de estas dos nuevas variables, que CE y PP guardan una alta relación con el bloque que intentan medir y, por lo tanto, explicarían bien su comportamiento. Además, los modelos guardan una alta correlación $\rho = 0.98$ para los modelos 3 y 5 y $\rho = 0.95$ para los modelos 3 y 6. Estos resultados señalan la validez del indicador estimado bajo la salvedad del sesgo presente, el cual podría ser mermado con la utilización de variables manifiestas como TEST, aunque restringe su utilización a sección cruzada y una muestra limitada de países.

3.4.5. Comparación del índice con años promedios de educación

Tradicionalmente los años promedio de educación ha sido la variable utilizada para aproximar el capital humano, es por ello que se quiere realizar una comparación entre esta variable y el indicador creado. Para este análisis se utilizarán los datos de años promedio de educación estimados por Barro y Lee (2013) y completados con estimaciones de The Penn World Table Data 8.0 (Feenstra et al., 2013).

Los años promedio de educación mundiales han evolucionado sin sobresaltos de manera creciente desde 1970. Este mismo comportamiento exhibe el indicador planteado, pero a tasas de crecimiento incluso más altas. La variable educativa muestra que los países se hacen cada vez más homogéneos en el tiempo, mientras que esta tendencia es menos marcada para el índice creado, pues como se discutió anteriormente se observan aumentos en las desigualdades al interior de los grupos, al tiempo que se tiende a una convergencia a nivel global.

Ante estas diferencias en el comportamiento de ambos indicadores, se propone analizar su capacidad para asociarse con variables que tradicionalmente guardan una fuerte relación

con el capital humano (se utilizan variables disponibles para datos de sección cruzada relacionadas con productividad, competitividad, capacidad innovadora, estabilidad política e institucional, entre otros). Para este análisis se utilizará la información recolectada por *The QOG standard dataset*³⁰. No sin antes advertir que este análisis no pretende sacar conclusiones de causalidad entre las variables propuestas, sino simplemente observar el grado de asociación ante variables que son relevantes para el capital humano.

En el cuadro 3.17 se muestran los coeficientes de correlación entre variables relevantes para el capital humano y las dos variables en estudio. El primer hecho importante de este análisis es que cada uno de los indicadores estudiados presenta el signo esperado, cambiando solo el grado de asociación entre ellos. En particular los resultados muestran un buen comportamiento del indicador creado para asociarse con variables claves.

En segundo lugar, aunque en la mayoría de los casos el indicador creado muestra un menor grado de asociación que el indicador tradicional basado en educación³¹, el primero lo hace de una mejor manera en los indicadores relacionados con la productividad, los cuales son el reflejo del capital humano. En particular el índice muestra un buen comportamiento sobre productividad, capacidad innovadora y calidad educativa como era de esperarse, dada la construcción del indicador.

Ante estos resultados se hace necesario un análisis más profundo, donde se pongan a prueba los indicadores para observar el comportamiento de ambas variables. En este sentido, dado que se ha criticado fuertemente a APE como proxy para explicar el crecimiento económico, se podría utilizar ICH para observar hasta qué punto esta mejora o no las críticas hechas a APE.

3.5. Conclusiones y discusión

Este estudio elaboró una medida de capital humano para analizar hasta qué punto los logros educativos influyen en su determinación en espacio y tiempo. Un aporte importante

³⁰Teorell, Jan, Nicholas Charron, Stefan Dahlberg, Sören Holmberg, Bo Rothstein, Petrus Sundin & Richard Svensson. 2013. The Quality of Government Dataset, version 20Dec13. University of Gothenburg: The Quality of Government Institute, <http://www.qog.pol.gu.se>.

³¹Esto puede ser explicado en la medida en que variables como estabilidad política son más estables en el tiempo y, posiblemente, relacionadas más a características del *stock* del capital humano que a su rendimiento.

de este documento, es que en la construcción del índice no solamente es consistente teóricamente, sino que además se evitan varios problemas empíricos presentes en otros estudios. En este sentido, el modelo presentado integra los dos enfoques tradicionales para la medición del capital humano, respetando el carácter abstracto, multidimensional y direccional que encierra este concepto. Adicionalmente este trabajo se aleja de la literatura relacionada, al realizar el análisis en una esfera macroeconómica para una muestra amplia de países de diferentes niveles de desarrollo y evitando problemas de circularidad.

Una ventaja importante de la metodología empleada en este estudio es que permite capturar los efectos indirectos que se producen entre las variables del modelo estructural planteado. Si bien, en algunos casos la influencia de los diferentes tipos de inversiones se ve reflejada directamente sobre el rendimiento del capital humano, en otros se manifiesta indirectamente sobre el impacto en otras variables. Este es el caso de los logros educativos en el que una parte importante de su impacto proviene indirectamente de otros factores que inciden sobre esta. De esta manera, si no se tienen en cuenta los efectos indirectos se estaría sobrevalorando la función de la educación como determinante del rendimiento de este *stock*.

La evidencia presentada señala que aunque la educación es un factor significativo para aumentar los rendimientos del capital humano al observar los efectos directos, tal importancia se relativiza al incluir los efectos indirectos. Los resultados muestran que los contextos socioeconómicos de los países, los recursos destinados por los hogares y la salud, impactan en una cuantía igual o superior a la educación, cuando los efectos totales son tenidos en cuenta. Tal y como es presentado el modelo en este documento, la educación pierde importancia relativa para influir en el rendimiento del capital humano por cuanto, a diferencia de metodologías unidimensionales se analiza su influencia en relación con otros factores y al mismo tiempo se supedita a la educación a la influencia de estos. Estos resultados van en contra de la práctica generalizada en la literatura de validar a la educación como el mayor componente del capital humano y de ahí, utilizar una variable educativa como una *proxy* confiable para caracterizarlo.

Una contribución relevante de este trabajo es haber aportado evidencia con respecto a que las variables educativas pierden fuerza para explicar el rendimiento del capital humano a partir de la década de los noventa. Una posible explicación a este hecho es que la dinámica

propia de variables educativas basadas en cantidad, como años promedio de educación, van agotando los incrementos de estas más allá de cierto umbral por razones fisiológicas de los individuos y, principalmente, porque la relación costo-beneficio que implica hacer este tipo de inversiones podría ser negativa a partir de dicho límite, lo que incide sobre su capacidad para impactar sobre el rendimiento del capital humano.

La evidencia sugiere que las grandes inversiones realizadas por los países en materia de logros educativos a partir de los años setentas, las cuales propiciaron un aumento significativo de los años promedio de educación y una aceleración en convergencia a nivel mundial, produjo a partir de esta década y hasta finales de los ochenta que las variables educativas basadas en cantidad no solamente mostraran un gran aporte en la explicación del rendimiento del capital humano sino que además lo hicieran de manera creciente. Sin embargo, los resultados muestran que esta tendencia se revierte a partir de 1990 cuando el poder de explicación de los logros educativos comienza a descender paulatinamente en favor de las inversiones no relacionadas a la educación. La evidencia sugiere que factores relacionados a la calidad del capital humano son los que más inciden en la actualidad sobre los incrementos efectivos de este *stock*.

Finalmente, este estudio da evidencia del buen comportamiento del indicador creado para correlacionarse con variables claves para el capital humano, particularmente con variables relacionadas con productividad. Sin embargo, su verdadera prueba sería utilizarlo en modelos de causalidades, probando su capacidad para explicar variables relacionadas con este, algo que escapa al objetivo de este documento. Este sería el caso de los modelos de crecimiento económico, donde el capital humano juega un papel fundamental y en los que los años promedio de educación han mostrado algunas limitaciones.

3.6. Cuadros y figuras

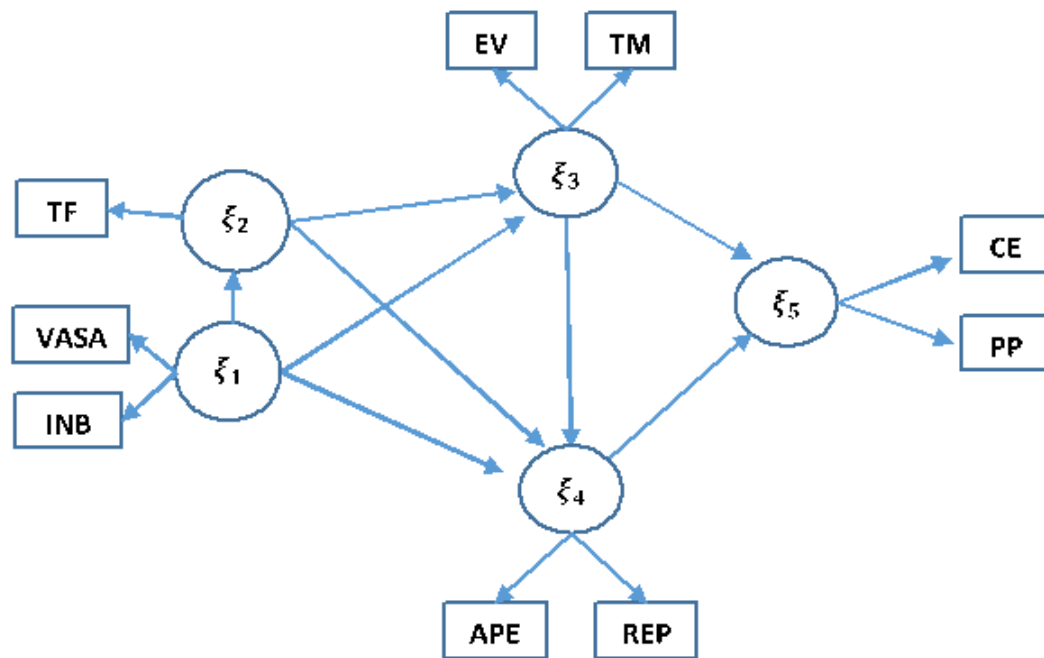


Figura 3.1: Diagrama de ruta para el modelo PLS PM de capital humano

Fuente: elaboración propia en base a Indicadores del Banco Mundial y Barro y Lee (2013).

Nota: ξ_1 : Entorno socio-económico, ξ_2 : Recursos, ξ_3 : Estatus en salud, ξ_4 : Logros educativos, ξ_5 : Rendimiento del capital humano.

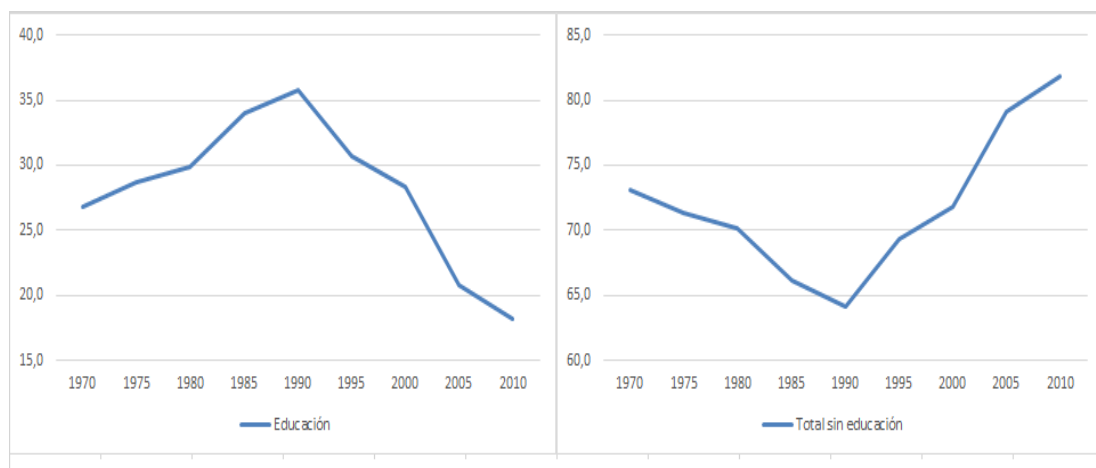


Figura 3.2: Contribución de los diferentes bloques en explicar las VL's endógenas

Fuente: elaboración propia en base a Indicadores del Banco Mundial y Barro y Lee (2013).

Nota: Las estimaciones son realizadas mediante PLS-PM utilizando como referencia el modelo base presentado en la figura 3.6 más conexiones directas de los bloques entorno socio-económico y recursos de los hogares al bloque de capital humano.

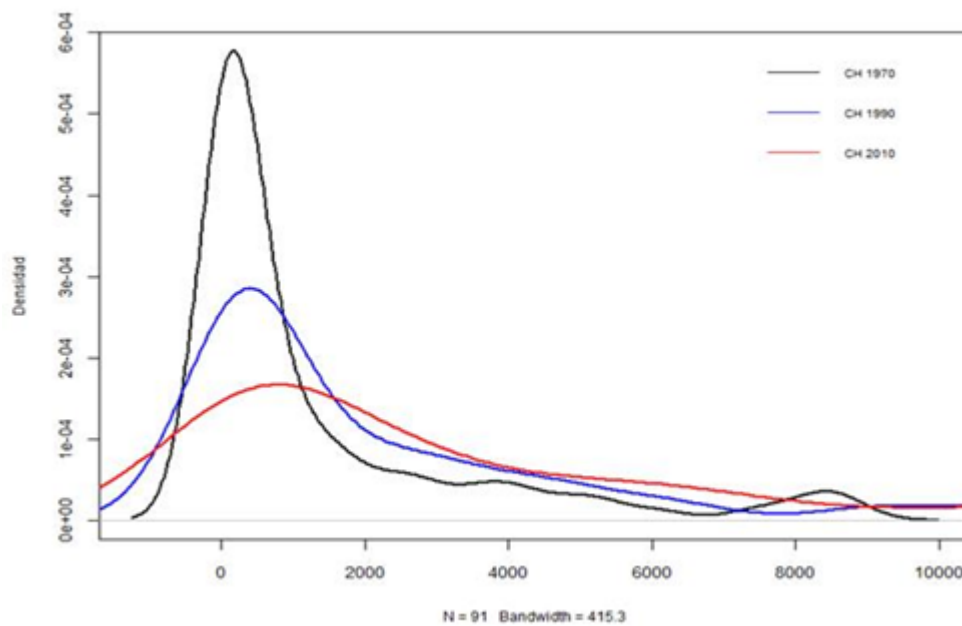


Figura 3.3: Función de densidad Kernel para el Capital Humano
Fuente: elaboración propia en base a Indicadores del Banco Mundial y [Barro y Lee \(2013\)](#).

Cuadro 3.1: Evaluación de Unidimensionalidad

	Modo	VM	Alpha. C.	rho. D.G.	1er. Igo.	2do. Igo.
Socio-económico	A	2	0.598	0.833	1.43	0.57
Recursos del hogar	A	1	1.000	1.000	1.00	0.00
Estatus de salud	A	2	0.985	0.993	1.97	0.03
Logros educación	A	2	0.740	0.885	1.59	0.41
Capital Humano	A	2	0.908	0.956	1.83	0.17

Fuente: elaboración propia en base a Indicadores del Banco Mundial y [Barro y Lee \(2013\)](#).

Nota: estimaciones basadas en un modelo reflectivo utilizando como referencia el año 1970 para 91 países.

Cuadro 3.2: Resultados del modelo externo

	VM	Bloque	Pesos	Cargas	Comunalidad	Redundancia
1	VASA	Socio-económico	0.549	0.819	0.699	-
2	INB	Socio-económico	0.634	0.868	0.769	-
3	TF	Recursos del hogar	1.000	1.000	1.000	0.506
4	EV	Salud	0.512	0.993	0.986	0.693
5	TM	Salud	0.496	0.992	0.985	0.693
6	APE	Educación	0.663	0.930	0.865	0.651
7	REP	Educación	0.454	0.844	0.712	0.536
8	CE	Capital Humano	0.523	0.957	0.916	0.694
9	PP	Capital Humano	0.522	0.957	0.915	0.693

Fuente: elaboración propia en base a Indicadores del Banco Mundial y [Barro y Lee \(2013\)](#).

Nota: estimaciones basadas en un modelo reflectivo utilizando como referencia el año 1970 para 91 países.

Cuadro 3.3: Evaluación discriminante

	Nombre	Bloque	Socio-econó	Recursos	Salud	Educación	ICH
1	VASA	Socio-econó	0.819	0.466	0.674	0.593	0.529
2	INB	Socio-econó	0.868	0.719	0.655	0.629	0.742
3	TF	Recursos	0.712	1.000	0.766	0.768	0.794
4	EV	Salud	0.783	0.775	0.993	0.856	0.845
5	TM	Salud	0.776	0.745	0.992	0.822	0.817
6	APE	Educación	0.760	0.780	0.870	0.930	0.846
7	REP	Educación	0.485	0.552	0.592	0.844	0.603
8	CE	ICH	0.751	0.735	0.797	0.805	0.957
9	PP	ICH	0.714	0.784	0.806	0.793	0.957

Fuente: elaboración propia en base a Indicadores del Banco Mundial y [Barro y Lee \(2013\)](#).

Nota: estimaciones basadas en un modelo reflectivo utilizando como referencia el año 1970 para 91 países.

Cuadro 3.4: Evaluación del modelo Interno

	Tipo	R^2	Comu. Prom.	Redun. Prom.	AVE
Socio-económico	Exógeno		0.712		0.712
Recursos de los hogares	Exógeno	0.506	1.000	0.506	1.000
Estatus de salud	Endógeno	0.704	0.985	0.693	0.985
Logros en educación	Endógeno	0.752	0.788	0.593	0.788
Capital Humano	Endógeno	0.758	0.916	0.694	0.916

Fuente: elaboración propia en base a Indicadores del Banco Mundial y [Barro y Lee \(2013\)](#).

Nota: estimaciones basadas en un modelo reflectivo utilizando como referencia el año 1970 para 91 países.

Cuadro 3.5: Modelo estructural base - coeficientes de ruta y efectos

	Coeficiente	Directos	Indirectos	Totales
Socio-Económico→ Tamaño del hogar	-0.712*** (0.0745)	-0.712		-0,712 [†] (0.046)
Coeficiente de determinación, R^2	0.506			
Tamaño del hogar→ Estatus de salud	-0.419*** (0.083)			-0,419 [†] (0.088)
Socio-Económico→ Estatus de Salud	0.487*** (0.0826)	0.487	0.298	0,785 [†] (0.033)
Coeficiente de determinación, R^2	0.704			
Tamaño del hogar→ Logros educa.	-0.269*** (0.0863)	-0.269	-0.242	-0,511 [†] (0.077)
Socio-Económico→ Logros educa.	0.079 (0.0897)	0.079	0.646	0,724 [†] (0.037)
Estatus de salud→ Logros educa.	0.578*** (0.0980)	0.578		0,578 [†] (0.103)
Coeficiente de determinación, R^2	0.752			
Tamaño del hogar→ Capital Humano			-0.421	-0,421 [†] (0.069)
Socio-Económico→ Capital Humano			0.684	0,684 [†] (0.040)
Estatus de salud→ Capital Humano	0.461*** (0.0984)	0.461	0.257	0,718 [†] (0.065)
Logros educa.→ Capital Humano	0.445*** (0.0984)	0.445		0,445 [†] (0.077)
Coeficiente de determinación, R^2	0.758			
<i>GoF</i>	0.7604			

Fuente: elaboración propia en base a Indicadores del Banco Mundial y Barro y Lee (2013).

Nota: Modelo estimado para variables latentes estandarizadas. Errores estándar en paréntesis. *** $p < 0.01$. [†]La validación de la significancia de los coeficientes de los efectos totales son basados con intervalos de confianza al 95 % con el método de remuestreo por bootstrapping.

Cuadro 3.6: Modelo estructural modificado - coeficientes de ruta y efectos

	Coeficiente	Directos	Indirectos	Totales
Socio-Económico→ Tamaño del hogar	-0.709*** (0.075)	-0.709		-0.709 [†] (0.043)
Coeficiente de determinación, R^2	0.503			
Tamaño del hogar→ Estatus de salud	-0.419*** (0.082)			-0.419 [†] (0.092)
Socio-Económico→ Estatus de Salud	0.489*** (0.082)	0.489	0.297	0.786 [†] (0.034)
Coeficiente de determinación, R^2	0.705			
Tamaño del hogar→ Logros educa.	-0.270*** (0.086)	-0.269	-0.242	-0.511 [†] (0.079)
Socio-Económico→ Logros educa.	0.079 (0.090)	0.079	0.645	0.724 [†] (0.038)
Estatus de salud→ Logros educa.	0.577*** (0.098)	0.577		0.577 [†] (0.102)
Coeficiente de determinación, R^2	0.753			
Tamaño del hogar→ Capital Humano	-0.168** (0.069)	-0.168	-0.187	-0.355 [†] (0.069)
Socio-Económico→ Capital Humano	0.465*** (0.068)	0.465	0.405	0.871 [†] (0.023)
Estatus de salud→ Capital Humano	0.109 (0.088)	0.109	0.160	0.269 [†] (0.086)
Logros educa.→ Capital Humano	0.277*** (0.081)	0.277		0.277 [†] (0.073)
Coeficiente de determinación, R^2	0.861			
GoF	0.7745			

Fuente: elaboración propia en base a Indicadores del Banco Mundial y Barro y Lee (2013).

Nota: Modelo estimado para variables latentes estandarizadas. Errores estándar en paréntesis. ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.[†]La validación de la significancia de los coeficientes de los efectos totales son basados con intervalos de confianza al 95 % con el método de remuestreo por bootstrapping.

Cuadro 3.7: Contribución de los diferentes bloques en explicar a ICH

		Año 1970, Coeficiente de determinación $R^2=86,1$			Año 1975 Coeficiente de determinación $R^2=85,1$				
		Coeficiente	Correlación	Contri. Var	Contri. %	Coeficiente	Correlación	Contri. Var	Contri. %
Socio		0,465	0,871	40,5	47,0	0,426	0,853	36,3	42,7
Tamaño		0,168	0,794	13,3	15,5	0,204	0,804	16,4	19,3
Salud		0,109	0,837	9,1	10,6	0,094	0,846	7,9	9,3
Educación		0,277	0,835	23,1	26,9	0,292	0,836	24,4	28,7
		Año 1980, Coeficiente de determinación $R^2=85,4$			Año 1985, Coeficiente de determinación $R^2=86,4$				
		Coeficiente	Correlación	Contri. Var	Contri. %	Coeficiente	Correlación	Contri. Var	Contri. %
Socio		0,434	0,855	37,1	43,5	0,521	0,885	46,1	53,4
Tamaño		0,232	0,813	18,9	22,1	0,161	0,812	13,1	15,1
Salud		0,046	0,856	3,9	4,6	-0,024	0,848	-2,1	-2,4
Educación		0,306	0,833	25,5	29,8	0,345	0,851	29,4	34,0
		Año 1990, Coeficiente de detminación $R^2=88,2$			Año 1995, Coeficiente de determinación $R^2=88,1$				
		Coeficiente	Correlación	Contri. Var	Contri. %	Coeficiente	Correlación	Contri. Var	Contri. %
Socio		0,485	0,886	43,0	48,7	0,482	0,885	42,7	48,4
Tamaño		0,172	0,830	14,3	16,2	0,103	0,837	8,6	9,8
Salud		-0,008	0,842	-0,6	-0,7	0,116	0,845	9,8	11,1
Educación		0,366	0,862	31,5	35,8	0,320	0,844	27,0	30,7
		Año 2000, Coeficiente de determinación $R^2=87,9$			Año 2005, Coeficiente de determinación $R^2=85,6$				
		Coeficiente	Correlación	Contri. Var	Contri. %	Coeficiente	Correlación	Contri. Var	Contri. %
Socio		0,532	0,897	47,7	54,3	0,564	0,894	50,4	58,9
Tamaño		0,028	0,821	2,3	2,6	0,131	0,816	10,7	12,5
Salud		0,157	0,830	13,0	14,8	0,081	0,810	6,6	7,7
Educación		0,292	0,854	24,9	28,4	0,216	0,826	17,8	20,8
		Año 2010, Coeficiente de determinación $R^2=83,3$							
		Coeficiente	Correlación	Contri. Var	Contri. %				
Socio		0,517	0,877	45,3	54,4				
Tamaño		0,118	0,788	9,3	11,2				
Salud		0,165	0,817	13,5	16,2				
Educación		0,179	0,846	15,1	18,2				

Fuente: elaboración propia en base a Indicadores del Banco Mundial y Barro y Lee (2013)

Nota: la contribución de la porcentual de la varianza es calculada como el cociente entre el producto del coeficiente de cada variable latente y su correlación con ICH y el coeficiente de determinación. Las variables fueron transformadas para estar positivamente correlacionadas antes de estimarlas por PLS-PM.

Cuadro 3.8: Índice de Capital Humano estimado: 1970-2010

	ICH	Variación %	APE	Variación %		
Mundial (91)						
1970	703,7		4,8			
1980	1050,8	49,3	5,9	23,2		
1990	1301,6	23,9	6,9	17,3		
2000	1598,6	22,8	7,8	13,7		
2010	1826,1	14,2	8,3	6,2		
	ICH	Variación %	Ratio	APE	Variación %	Ratio PD/PND
Capital humano para países no Desarrollados (68)						
1970	162,2			3,7		
1980	295,3	82,1		4,8	31,3	
1990	347,7	17,7		5,9	22,6	
2000	458,5	31,9		6,9	16,6	
2010	716,3	56,2		7,5	7,5	
Capital humano para países Desarrollados (23)						
1970	2304,7		14,2	7,9		2,1
1980	2304,7	42,5	11,1	8,8	11,8	1,8
1990	4122	25,5	11,9	9,6	9	1,6
2000	4969	20,5	10,8	10,4	8,5	1,5
2010	5107,3	2,8	7,1	10,8	3,5	1,4

Fuente: elaboración propia en base a Indicadores del Banco Mundial y [Barro y Lee \(2013\)](#).

Nota: Países desarrollados=Australia, Japón, Nueva Zelanda, Alemania, Austria, Bélgica, Canadá, Dinamarca, España, USA, Finlandia, Francia, Grecia, Islandia, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Holanda, Noruega, Portugal, Suecia, Suiza, UK. PND=países no desarrollados, PD=países desarrollados, AD y UE= América del norte y Europa occidental, ECO=Europa central y oriental, AOP=Asia oriental y el pacífico, AL=América latina, EA=Estados árabes, AMO= Asia meridional y occidental y ASA= África al sur del Sahara.

Cuadro 3.9: Índice de Capital Humano estimado: Zonas geográficas. 1970-2010

Quintil y año	Media	Variación %	Desviación Estándar	Ratio	Región y año	Media	Variación %	Desviación estándar	Ratio
Mundial (91)					AL (19)				
1970	703,7		1157,7		1970	177,9		164	3,96(-)
1980	1050,8	49,3	1626,3		1980	225,1	26,5	167,3	4,67(-)
1990	1301,6	23,9	2133		1990	247,4	9,9	178,3	5,26(-)
2000	1598,6	22,8	2603,9		2000	265,7	7,4	206,8	6,02(-)
2010	1826,1	14,2	2927,1		2010	275,2	3,6	218,1	6,64(-)
AN y EO (23)					AE (9)				
1970	1983,1		1378	2,82(+)	1970	68,2		71,6	10,32(-)
1980	2740,8	38,2	1656,2	2,61(+)	1980	147,8	116,7	127,5	7,11(-)
1990	3377,9	23,2	2081,8	2,60(+)	1990	242,7	64,2	120,7	5,36(-)
2000	4145,4	22,7	2413,8	2,59(+)	2000	338,4	39,4	149,2	4,72(-)
2010	4368,7	5,4	2567,7	2,39(+)	2010	429,8	27	240,9	4,25(-)
ECO (5)					AMO (6)				
1970	771,6		649,1	1,10(+)	1970	25,3		24,3	27,81(-)
1980	1711,6	121,8	1112,3	1,63(+)	1980	40,3	59,3	48,8	26,07(-)
1990	1472,4	-14	942,1	1,13(+)	1990	54,4	35	62,4	23,93(-)
2000	992,1	-32,6	480,3	1,61(-)	2000	93,2	71,3	107,8	17,15(-)
2010	1380,2	39,1	297,6	1,32(-)	2010	132,9	42,6	152,6	13,74(-)
AOP (10)					ASA (19)				
1970	911,9		1425,1	1,30(+)	1970	68,7		229,6	10,24(-)
1980	1603	75,8	2480,8	1,53(+)	1980	113,2	64,8	384,4	9,28(-)
1990	2449,8	52,8	3767,5	1,88(+)	1990	88,7	-21,6	253,1	14,67(-)
2000	3510,3	43,3	4545,4	2,20(+)	2000	74,1	-16,5	210,2	21,57(-)
2010	4620,5	31,6	5372	2,53(+)	2010	78,7	6,2	204,9	23,20(-)

Fuente: elaboración propia en base a Indicadores del Banco Mundial y Barro y Lee (2013).

Nota: AN y UO= América del norte y Europa occidental, ECO=Europa central y oriental, AOP=Asia oriental y el pacífico, AL=América latina, EA=Estados árabes, AMO= Asia meridional y occidental y ASA= África al sur del Sahara.(+) o (-) ratio por encima o debajo de la media mundial.

Cuadro 3.10: Pesos y cargas del Modelo PLS-PM

	1970		1980		1990		2000		2010	
	Pesos	Cargas	Pesos	Cargas	Pesos	Cargas	Pesos	Cargas	Pesos	Cargas
VASA	0.549	0.819	0.587	0.842	0.633	0.891	0.675	0.898	0.693	0.912
IDH	0.634	0.868	0.597	0.847	0.523	0.835	0.493	0.799	0.465	0.792
EV	0.512	0.993	0.507	0.993	0.502	0.992	0.489	0.986	0.497	0.981
TM	0.496	0.992	0.501	0.993	0.506	0.992	0.524	0.988	0.522	0.982
APE	0.663	0.930	0.636	0.929	0.593	0.924	0.557	0.917	0.525	0.925
REP	0.454	0.844	0.472	0.866	0.505	0.894	0.537	0.910	0.552	0.933
CE	0.523	0.957	0.541	0.962	0.539	0.963	0.542	0.963	0.550	0.958
PP	0.522	0.957	0.502	0.956	0.502	0.957	0.499	0.956	0.499	0.948

Fuente: elaboración propia en base a Indicadores del Banco Mundial y Barro y Lee (2013).

Nota: estimaciones basadas en un modelo reflectivo utilizando como referencia el año 1970 para 91 países.

Cuadro 3.11: Estadísticas descriptivas del bloque de ICH

Periodo	Zona	VM	Media	Variación %	VM	Media	Variación %
1970	ECO	CE	762		PP	927,1	
1980		CE	1360	78,5	PP	2292,2	147,2
1990		CE	1576,4	15,9	PP	1705,6	-25,6
2000		CE	1429,7	-9,3	PP	729,7	-57,2
2010		CE	1749,8	22,4	PP	1113	52,5
1970	AL	CE	228,8		PP	161,2	
1980		CE	395,8	73	PP	136,7	-15,2
1990		CE	496,5	25,4	PP	126,9	-7,1
2000		CE	748,5	50,8	PP	102,6	-19,2
2010		CE	951,6	27,1	PP	90,3	-12
1970	ASA	CE	127,1		PP	60,1	
1980		CE	222,3	74,9	PP	85,8	42,7
1990		CE	252,3	13,5	PP	40,1	-53,2
2000		CE	256,5	1,6	PP	26,7	-33,3
2010		CE	294	14,6	PP	27,2	1,8

Fuente: elaboración propia en base a Indicadores del Banco Barro y Lee (2013).

Nota: ECO=Europa central y oriental, AL=América latina y ASA= África al sur del Sahara.

Cuadro 3.12: Modelo estructural: Análisis de sensibilidad

	Coefficiente	Directos	Indirectos	Totales
Socio-Económico→ Tamaño del hogar	-0.712*** (0.0745)	-0.712		-0.712 [†] (0.045)
Coefficiente de determinación, R^2	0.506			
Tamaño del hogar→ Logros educa.	-0.511*** (0.089)			-0.511 [†] (0.078)
Socio-Económico→ Logros educa.	0.360*** (0.089)	0.360	0.364	0.724 [†] (0.041)
Coefficiente de determinación, R^2	0.653			
Tamaño del hogar→ Estatus salud	-0.166** (0.082)	-0.166	-0.253	-0.419 [†] (0.094)
Socio-Económico→Estatus salud	0.309*** (0.076)	0.079	0.476	0.785 [†] (0.033)
Logros educa.→ Estatus salud	0.494*** (0.084)	0.494		0.494 [†] (0.092)
Coefficiente de determinación, R^2	0.788			
Tamaño del hogar→ Capital Humano			-0.421	-0.421 [†] (0.072)
Socio-Económico→ Capital Humano			0.684	0.684 [†] (0.041)
Estatus de salud→Capital Humano	0.461*** (0.098)	0.461		0.461 [†] (0.083)
Logros educa.→ Capital Humano	0.445*** (0.098)	0.445	0.228	0.673 [†] (0.053)
Coefficiente de determinación, R^2	0.758			
<i>GoF</i>	0.7584	0.7577		

Fuente: elaboración propia en base a Indicadores del Banco Mundial y Barro y Lee (2013).

Nota: Modelo estimado para variables latentes estandarizadas. Errores estándar en paréntesis. ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.[†]La validación de la significancia de los coeficientes de los efectos totales son basados con intervalos de confianza al 95 % con el método de remuestreo por bootstrapping.

Cuadro 3.13: Modelo estructural: Análisis de sensibilidad

	Coefficiente	Directos	Indirectos	Totales
Socio-Económico→ Tamaño del hogar	-0.709*** (0.075)	-0.709		-0.709 [†] (0.046)
Coefficiente de determinación, R^2	0.503			
Tamaño del hogar→ Logros educa.	-0.511*** (0.089)	-0.511		-0.511 [†] (0.080)
Socio-Económico→ Logros educa.	0.361*** (0.089)	0.361	0.363	0.724 [†] (0.040)
Coefficiente de determinación, R^2	0.654			
Tamaño del hogar→ Estatus salud	-0.167** (0.082)	-0.167	-0.252	-0.419 [†] (0.085)
Socio-Económico→ Estatus salud	0.311*** (0.076)	0.311	0.475	0.786 [†] (0.034)
Logros educa.→ Estatus salud	0.492*** (0.084)	0.492		0.492 [†] (0.089)
Coefficiente de determinación, R^2	0.789			
Tamaño del hogar→ Capital Humano	-0.168** (0.069)	-0.168	-0.187	-0.355 [†] (0.071)
Socio-Económico → Capital Humano	0.465*** (0.068)	0.465	0.405	0.871 [†] (0.024)
Estatus de salud→ Capital Humano	0.109 (0.088)	0.109		0.109 (0.098)
Logros educa.→ Capital Humano	0.277*** (0.081)	0.277	0.054	0.331 [†] (0.069)
Coefficiente de determinación, R^2	0.861			
<i>GoF</i>	0.7584			

Fuente: elaboración propia en base a Indicadores del Banco Mundial y Barro y Lee (2013).

Nota: Modelo estimado para variables latentes estandarizadas. Errores estándar en paréntesis. ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.[†]La validación de la significancia de los coeficientes de los efectos totales son basados con intervalos de confianza al 95 % con el método de remuestreo por bootstrapping.

Cuadro 3.14: Análisis de sensibilidad para ICH con inclusión de C-I+D y TEST

	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		
	CE	PP	CE	PP	C-I+D	CE	PP
Ponderaciones	0.542	0.499	0.383	0.346	0.348	0.534	0.529
Cargas	0.963	0.956	0.959	0.899	0.922	0.942	0.940
R^2	0.775		0.791			0.653	
GoF	0.7973		0.7930			0.6588	
n	91		91			44	
	Modelo 4			Modelo 5			
	CE	PP	C-I+D	CE	PP	TEST	
Ponderaciones	0.394	0.390	0.333	0.372	0.368	0.390	
Cargas	0.915	0.913	0.852	0.865	0.936	0.856	
R^2	0.642			0.742			
GoF	0.6482			0.6618			
n	44			44			
	Modelo 6						
	CE	PP	C-I+D	TEST			
Ponderaciones	0.298	0.292	0.252	0.312			
Cargas	0.856	0.911	0.848	0.849			
R^2	0.717						
GoF	0.6517						
n	44						

Fuente: elaboración propia en base a Indicadores del Banco Mundial, [Barro y Lee \(2013\)](#).

Nota: estimaciones basadas en un modelo reflectivo utilizando como referencia el año 2000 para una muestra de 91 y 44 países cuando se analiza en referencia a los test cognitivos.

Cuadro 3.16: Scores para el ICH estimado por país, $n = 44$

ICH superior											
Modelo 3			Modelo 4			Modelo 5			Modelo 6		
Puesto	País	Score	Puesto	País	Score	Puesto	País	Score	Puesto	País	Score
1	Japón	100	1	Japón	100	1	Japón	100	1	Japón	100
2	Corea	62	8	Corea	65	2	Corea	73,6	6	Corea	73,5
3	USA	57,6	7	USA	65,7	3	USA	66,5	8	USA	71,3
4	Finlandia	56,3	4	Finlandia	70,3	4	Finlandia	66,3	4	Finlandia	75,6
5	Suecia	55,8	5	Suecia	68,5	5	Suecia	65,2	5	Suecia	73,6
6	Noruega	55,2	6	Noruega	67,2	6	Noruega	63,5	7	Noruega	71,5
7	Islandia	44,7	12	Islandia	49,4	7	Islandia	57,5	12	Islandia	59
8	Nueva Zelanda	38,5	15	Nueva Zelanda	40,4	8	Nueva Zelanda	50,7	15	Nueva Zelanda	49,7
9	Luxemburgo	35,8	10	Luxemburgo	54,1	9	Luxemburgo	47,9	11	Luxemburgo	61,3
10	Canadá	31,2	14	Canadá	43,6	11	Canadá	45,3	14	Canadá	53,8

ICH inferior											
Modelo 3			Modelo 4			Modelo 5			Modelo 6		
Puesto	País	Score	Puesto	País	Score	Puesto	País	Score	Puesto	País	Score
35	Jordania	2,92	38	Jordania	2,29	35	Jordania	8,9	38	Jordania	6
36	Tailandia	2,34	30	Tailandia	5,43	36	Tailandia	8	28	Tailandia	11,7
37	Irán	2,03	41	Irán	1,28	37	Irán	7	41	Irán	4
38	México	1,77	35	México	3,86	38	México	6,5	35	México	9,2
39	Turquía	1,76	37	Turquía	2,3	39	Turquía	6,4	37	Turquía	6,3
40	Túnez	1,45	39	Túnez	1,85	40	Túnez	5,7	39	Túnez	5,3
41	Colombia	0,83	42	Colombia	1,23	41	Colombia	3,7	42	Colombia	4
42	Perú	0,68	43	Perú	1,01	42	Perú	3,2	43	Perú	3,5
43	Filipinas	0,66	40	Filipinas	1,77	43	Filipinas	3,2	40	Filipinas	5,2
44	Indonesia	0,37	44	Indonesia	0,61	44	Indonesia	2,3	44	Indonesia	2,8

Fuente: elaboración propia en base a Indicadores del Banco Mundial, [Barro y Lee \(2013\)](#), [Feenstra et al. \(2005\)](#) y [Altinok y Murseli \(2007\)](#).
 Nota: Las variables manifestadas fueron ajustadas a la escala 0-100, con 100 como el valor más alto posible. Por motivos de espacio solo se muestra la parte superior e inferior de la estimación de los scores de ICH. Estimaciones basadas en un modelo reflectivo utilizando como referencia el año 2000 para una muestra de 91 y 44 países cuando se analiza en referencia a los test cognitivos.

Cuadro 3.17: Correlaciones del ICH y APE con variables relevantes para el Capital Humano

		Año	APE	ICH
	Indicadores de productividad			
1	PIB per cápita (PPA)	2010	0,696	0,671
2	productividad EKS	2010	0,693	0,737
3	Competitividad Global	2010	0,723	0,718
4	Capacidad Innovadora	2010	0,588	0,752
5	Calidad educativa	2010	0,506	0,61
	Indicadores de estabilidad política e institucional			
6	Índice de democracia	2007	0,631	0,557
7	Índice de corrupción	2007	0,719	0,695
8	Estabilidad política	2009	0,575	0,498
9	Calidad institucional económica	2009	0,752	0,531
	Indicadores de equidad			
10	Índice de inequidad de género	2011	-0,774	-0,673
11	Coeficiente GINI	2008	-0,519	-0,556
	Indicadores de entorno			
12	Índice de comportamiento ambiental	2008	0,573	0,495
13	Fallas del Estado	2009	-0,737	-0,676
14	Índice de desarrollo humano	2009	0,882	0,620

Fuente: elaboración propia en base a Indicadores del Banco Mundial, [Barro y Lee \(2013\)](#), [Teorell et al. \(2013\)](#) y [Feenstra et al. \(2013\)](#).

Nota: estimados mediante el test del coeficiente de Pearson.

Capítulo 4

Educación, Capital Humano y Crecimiento Económico: una revisión en sección cruzada y paneles dinámicos

Resumen

Este capítulo examina el comportamiento de una nueva medida de capital humano como determinante del crecimiento económico. Esta medida compuesta, construida a partir de un modelo PLS-PM, incorpora varios elementos que están conectados directamente al capital humano, lo cual permite subsanar un problema importante que está presente en las variables educativas: sesgo de variable omitida. Se busca evaluar el poder explicativo de las variables educativas basadas en educación y del indicador propuesto ante diferentes especificaciones y métodos de estimación. Primero, las medidas son evaluadas en sección cruzada mediante un esquema de identificación alternativo para abordar la endogeneidad potencial. Luego, para ampliar el tamaño de la muestra y tratar la heterogeneidad no observada, las medidas son testeadas en paneles dinámicos de sistemas MGM. Los resultados avalan el buen comportamiento del indicador creado, particularmente en sección cruzada, al mostrar que es capaz de explicar el crecimiento económico de manera consistente y significativa. Además, se da evidencia de que la capacidad de los años promedio de educación estará restringida al periodo de estudio y a la muestra seleccionada.

4.1. Introducción

La literatura empírica sobre crecimiento económico, generalmente incluye una *proxy* para el capital humano. Aunque el concepto abarca varias dimensiones, tradicionalmente se emplea una variable educativa, la cual está basada en cantidad, años promedio de educación (Barro y Lee, 1993; Mankiw et al., 1990; Benhabib y Spiegel, 1994; Hoeffler, 2002; Cohen y Soto, 2007). Algunos autores (Hanushek y Kimko, 2000; Le et al., 2003; Folloni y Vittadini, 2010) han criticado esta medida por varios motivos: *i*) no corrige por calidad, *ii*) asume homogeneidad entre los individuos, *iii*) no distingue entre sistemas educativos, *iv*) deja por fuera aquel capital humano de las personas no escolarizadas y *v*) solo evalúa un componente de un concepto más amplio.

Estas limitantes pueden generar sesgos en las aplicaciones empíricas por errores de medida y variable omitida. Varios estudios han encontrado resultados adversos para esta medida en relación con el crecimiento económico (Levine y Renelt, 1992; Bils y Klenow, 2000; Pritchett, 2001; Hoeffler, 2002; Cohen y Soto, 2007).

Diferentes investigadores han tratado de superar estos problemas. Algunos de ellos han utilizado formas alternativas de la medida, como las basadas en calidad educativa (Hanushek y Kimko, 2000; Barro, 2002; Jones y Schneider, 2006; Jones, 2008; Hanushek y Woessmann, 2012). Otros, como Bloom y Canning (2008) y Aghion et al. (2010) han utilizado variables de salud para evaluar otras dimensiones del capital humano. Sin embargo, pocos estudios han tratado de capturar varias de las dimensiones que le corresponden a este concepto en una sola medida. Algunos ejemplos de este enfoque son Dagum y Slottje (2000) y Abowd et al. (2005), que lo hacen desde una perspectiva microeconómica, y Messinis y Ahmed (2013) y Laverde (2015) que emplean enfoques de variables latentes para aproximar el capital humano desde una perspectiva macroeconómica.

De esta literatura, Laverde (2015) estima una medida compuesta que integra sistemáticamente dos enfoques del capital humano: potencial y resultado. La medida se ajusta a las características multidimensionales que abarca el concepto, incorporando el mayor número de variables disponibles que se cree están altamente correlacionadas con el capital humano. La estimación surge del hecho de que este capital no es directamente medible, por lo que es preciso aproximarlos indirectamente a través de los elementos que lo forman, por un lado,

y de los resultados esperados, por el otro. Para integrar los dos enfoques se construye un sistema de ecuaciones que relaciona al capital humano potencial, aquel que los individuos acumulan a través de educación, salud, antecedentes familiares, etc., con el del resultado y los rendimientos de la acumulación de este capital (productividad, generación de nuevo conocimiento, etc.). Aunque el estudio muestra que la medida presenta bondades de correlación utilizando variables claves con el capital humano, no cuenta aún con una aplicación empírica.

El objetivo de este documento es evaluar el comportamiento de la medida del capital humano de [Laverde \(2015\)](#) en un contexto de crecimiento económico para una muestra amplia de países a nivel internacional. Se busca indagar sobre la robustez de la medida bajo diferentes especificaciones y métodos econométricos comparando su rendimiento en relación con la medida educativa tradicional, años promedio de educación (APE). Además, se espera superar algunos de los inconvenientes presentados en las estimaciones de este tipo. En primer lugar, debido a la forma como se construye la medida, corrige el primer inconveniente presente en APE, sesgo de variable omitida. Segundo, la medida puede presentar problemas de endogeneidad con lo cual es necesario recurrir a enfoques de variables instrumentales, VI. Sin embargo, la consecución de instrumentos válidos es un punto central. [Stock et al. \(2002\)](#) muestra que la estimación bajo instrumentos débiles o no válidos puede aumentar el sesgo en comparación con la estimación por MCO. Generalmente encontrar instrumentos que cumplan simultáneamente con no estar correlacionados con el error y estarlo altamente con las variables endógenas es una tarea compleja. Los primeros estudios empíricos de este tipo se hicieron en un contexto de sección cruzada alejándose de los problemas de endogeneidad ([Mankiw et al., 1990](#); [Barro y Lee, 1993](#); [Benhabib y Spiegel, 1994](#)). Posteriormente el método de VI fue utilizado recurriendo a instrumentos tales como valores iniciales, rezagos, entre otros ([McMahon, 1998](#); [Lee y Barro, 2001](#); [Petrakis y Stamatakis, 2002](#)). Sin embargo, aún podrían estar relacionados con el error y exhibir sesgo debido a la debilidad en su identificación ([Aghion y Durlauf, 2005](#)). Como consecuencia, el uso de sección cruzada se ha reducido sustancialmente debido al no contar con instrumentos válidos y no débiles. Más recientemente se ha popularizado el uso de paneles dinámicos mediante la metodología propuesta por [Arellano y Bond \(1991\)](#), la cual permite construir instrumentos aprovechando la estructura dinámica de los datos.

Este documento da una nueva mirada al papel del capital humano en sección cruzada, implementando un novedoso enfoque de identificación propuesto por [Lewbel \(2012\)](#), que está basado en la heterocedasticidad de los errores. [Lewbel \(2012\)](#) muestra que los parámetros pueden ser consistentemente estimados mediante la observación de un vector de variables exógenas que están correlacionadas con la covarianza de errores heteroscedásticos, una característica común de los modelos con endogeneidad.

La medida es luego evaluada en un contexto de paneles dinámicos con el fin de dar cuenta de la posibilidad de la dinámica, ampliar el tamaño de la muestra y evaluar los problemas de endogeneidad. Este método se ha convertido en el más popular, en la literatura empírica ([Agiomirgianakis et al., 2002](#); [Gyimah-Brempong et al., 2006](#); [Seetanah, 2009](#); [Messinis y Ahmed, 2013](#)).

Este documento se divide además de esta sesión como sigue: en la sección 4.2 se presenta de manera sucinta la estimación del índice de capital humano propuesto. En la sección 4.3 se introduce la medida en un contexto de sección cruzada mediante la técnica de [Lewbel \(2012\)](#). Luego, en la sección 4.4, se presenta los resultados bajo paneles dinámicos. Finalmente, en la última sección 4.5 se concluye.

4.2. Índice de capital humano

Esta sección resume el modelo y la estrategia de estimación de índice de capital humano presentado por [Laverde \(2015\)](#). Dado el carácter abstracto del concepto, este debe ser aproximado de manera indirecta. Tradicionalmente se hace mediante un único elemento, bien sea mediante los insumos utilizados en la acumulación o del rendimiento de este *stock*. Cualquiera que sea la elección, se espera que exista una alta correlación entre insumo y capital humano o rendimiento y capital humano. Sin embargo, una medida unidimensional puede aproximarlos de manera insuficiente e/o incorrecta pues deja por fuera elementos claves que determinan conjuntamente su trayectoria. [Laverde \(2015\)](#) emplea un modelo de ecuaciones estructurales (MEE) para evitar el sesgo de variables omitidas y ser teóricamente consistente, soslayando problemas de circularidad. Los modelos MEE consisten de una parte estructural, la cual relaciona variables latentes, y una parte de medida que relaciona las variables observables con las latentes, las cuales son estimadas simultáneamente. La

formulación del modelo estructural para la estimación del índice de capital humano está dada por

$$ich = \beta_{11} + \beta_{21}salud + \beta_{31}edu + \zeta_1 \quad (4.1)$$

$$edu = \beta_{12} + \beta_{22}contex + \beta_{32}recur + \beta_{42}salud + \zeta_2 \quad (4.2)$$

$$salud = \beta_{13} + \beta_{23}contex + \beta_{33}recur + \zeta_3 \quad (4.3)$$

$$recur = \beta_{14} + \beta_{24}contex + \zeta_4 \quad (4.4)$$

donde se relaciona el rendimiento del capital humano (*ich*) con dos importantes componentes del capital humano potencial; educación (*edu*) y de la *salud*. De esta manera, el rendimiento del capital humano está supeditado al capital humano potencial en la ecuación 4.1. Sin embargo, la salud también afecta los logros educativos (Grossman, 2008; Eide y Showalter, 2011) en la ecuación 4.2. La cantidad y calidad del capital humano depende de los recursos destinados por parte de los hogares (*recur*) y de los antecedentes y contexto socioeconómico de los países (*contex*) (Laroche et al., 1999), en las ecuaciones 4.2 y 4.3 respectivamente. Finalmente, el entorno socioeconómico impacta de manera directa sobre los recursos de los hogares en la ecuación 4.4.

Por otra parte, los modelos de medida son estimados suponiendo bloques reflectivos, es decir que en cada bloque las variables observables reflejan o asocian la misma variable latente

$$x = \Lambda_x \xi + \varepsilon, \quad E(\varepsilon/\xi) = 0 \quad (4.5)$$

donde $x' = (x_1, x_2, \dots, x_q)$ son las variables observables asociadas a su respectiva variable latente ξ , Λ_x es la matriz de parámetros (cargas) y ε son los errores. Para medir el rendimiento del capital humano se recurre a una variable que aproxima la productividad de los trabajadores y otra que captura la innovación y la generación de nuevo conocimiento. Se emplea entonces consumo de energía per cápita y patentes per cápita respectivamente. El

bloque educativo es medido mediante la tradicional variable años promedio de educación y ratio estudiantes-profesores. Para el bloque de salud se emplea esperanza de vida y tasa de mortalidad para menores de cinco años. El entorno socioeconómico es medido a través del valor agregado que aporta el sector agrícola al PIB, y por una variable *dummy* que clasifica a los países de acuerdo con el ingreso nacional bruto per cápita en el periodo de estudio.

La estrategia de estimación para los parámetros en el sistema de ecuaciones emplea un modelo de ruta de mínimos cuadrados parciales (PLS-PM), el cual maximiza la varianza explicada de una variable latente endógena, estimando las relaciones parciales del modelo en una secuencia iterativa por mínimos cuadrados ordinarios. El algoritmo iterativo resuelve por separado los bloques del modelo de medida y luego, en una segunda etapa, estima los coeficientes del modelo estructural. El modelo presenta algunas ventajas. Una de ellas es que permite obtener los *scores* de las variables latentes como una combinación lineal de sus variables manifiestas asociadas y ser tratados como sustitutos perfectos para las variables manifiestas (Fornell y Bookstein, 1982). La técnica PLS-PM es un enfoque de distribución libre (no supone que los datos pertenezcan a ninguna distribución particular), lo cual es una ventaja dada las características de los datos económicos (Vinzi et al., 2010). Esta técnica se considera más apropiada para este estudio que otras técnicas de variables latentes, por cuanto se ajusta de manera adecuada al concepto de capital humano. Cassel et al. (1999) demuestran que PLS-PM es ampliamente robusto a numerosas insuficiencias (sesgo de los indicadores, multicolinealidad o mala especificación del modelo estructural) y que los *scores* de las variables latentes se ajustan a los verdaderos valores. El modelo es estimado con datos estandarizados, modo reflectivo y un esquema centroides (para detalles vea Löhmoller, 1989). Como PLS-PM no se basa en supuestos distribucionales, un proceso de *bootstrapping* fue usado para evaluar el ajuste del modelo estructural (Vinzi et al., 2010). Adicionalmente es realizado un análisis de validez y fiabilidad del modelo de medida, con el ánimo de evaluar si los conceptos teóricos están medidos correctamente mediante las variables observadas (unidimensionalidad, fiabilidad individual de los indicadores, comunalidad, y evaluación discriminante).

Una primera mirada al comportamiento del indicador creado por Laverde (2015) es hecha asociándolo con medidas tradicionales para el capital humano. En las aplicaciones empíricas de crecimiento económico estas medidas son años promedio de educación (APE)

y *test* cognitivos a nivel internacional (TEST). Aunque estas medidas son ambas variables educativas, desde el punto de vista conceptual son diametralmente opuestas en su relación con el capital humano. Por un lado, APE puede ser vista como un insumo en la formación del *stock* de capital humano, generalmente ligada a la cantidad de este. Mientras TEST es una variable del resultado de este *stock* asociada a la calidad del mismo. [Hanushek y Kimko \(2000\)](#) y [Hanushek y Woessmann \(2012\)](#) han mostrado como APE falla en explicar el crecimiento cuando es corregida por calidad. Tal como lo ha reportado ampliamente la literatura, si es de esperarse que estas dos variables sean componentes importantes del capital humano, entonces la variable creada por [Laverde \(2015\)](#) debería estar altamente correlacionada con ellas. El cuadro 4.1 corrobora esta hipótesis. La correlación entre APE y el índice creado (*ich*) es de 0.86 para una muestra de 91 países y de 0.79 cuando la muestra es reducida a 44¹.

El problema con TEST es que está disponible para un número reducido de países y periodos. Tomando los datos de [Altinok y Murseli \(2007\)](#) y como referencia al año 2000 se observa que *ich* y TEST tienen un coeficiente de correlación de 0.74, el cual es más alto que la relación entre las dos variables educativas, 0.60. Por otro lado, obsérvese que TEST podría ser un elemento del bloque *ich*, pues este hace parte del rendimiento del capital humano. *ich2* reestima el indicador creado para incluir en el bloque del rendimiento del capital humano a TEST como variable manifiesta. Como era de esperarse, la relación entre la medida anterior (*ich*) e *ich2* tienen una fuerte asociación (0.92) a pesar de que en este proceso la muestra se reduce a 44 países. Al mismo tiempo esta variable reduce su asociación con APE pero aumenta con la de TEST.

Ante la alta asociación entre estas variables, se quiere observar cómo se comportan en explicar el crecimiento. Se cree que *ich* puede ser más eficiente si aumenta el número de variables manifiestas en el bloque del rendimiento del capital humano, particularmente si se incluye TEST. No obstante, ante la baja disponibilidad de datos para esta variable no es posible realizarlo para un periodo amplio y una muestra más representativa, las pruebas cognitivas se realizan para muy pocos países en desarrollo. Con lo cual solo es posible estimarlo de manera consistente para el año 2000. Esto limita el análisis en regresiones de

¹La muestra es reducida a 44 países para homogenizarla cuando es comparada con TEST, la cual está disponible de manera consistente para un número más reducido de países y periodos.

4.3. CAPITAL HUMANO Y CRECIMIENTO ECONÓMICO EN SECCIÓN CRUZADA 110

crecimiento pues es más natural realizarlo en una visión de largo plazo, con lo cual el análisis para un solo año sesga los resultados. Por otro lado, esto también imposibilita el uso de herramientas más sofisticadas para evitar los problemas de endogeneidad, heterogeneidad no observada, etc. Ante estas salvedades y basados en la especificación econométrica de [Mankiw et al. \(1990\)](#) en la cual se utiliza el PIB por trabajador como variable dependiente y diferentes regresores como determinantes de este, el cuadro 4.2 muestra los resultados para las diferentes variables del capital humano al explicar el crecimiento. Las columnas (1) al (4) son regresiones de cada una de las variables sin utilizar controles; en las subsiguientes columnas se utilizan como controles principales, inversión en capital físico y tasa de crecimiento de la población, entre otros.

Como se observa, todas las medidas de capital humano muestran el signo esperado y son altamente significativas. Sin embargo, las variables creadas exhiben un mayor poder de explicación, tanto en los modelos en los que no se incluyen controles, como cuando están presentes. Por ejemplo, bajo controles, *ich* y *ich2* aumentan el R^2 en 16 puntos porcentuales con relación a TEST y 17 puntos con APE. No obstante el buen funcionamiento de las variables creadas, estos resultados son solo una primera aproximación al comportamiento de *ich* para explicar el crecimiento económico y por lo tanto, estos resultados deben ser tomados con precaución, dados los múltiples problemas que presentan las estimaciones del cuadro 4.2. Un análisis más exhaustivo debe ser realizado para eliminar mucho del sesgo que está presente en estas estimaciones. Esa será la labor de las próximas secciones.

4.3. Capital humano y crecimiento económico en sección cruzada

Esta sección utiliza el marco analítico construido por [Barro \(1991\)](#) para evaluar la medida propuesta de capital humano. El modelo econométrico está especificado de la siguiente manera:

$$\gamma_i = \beta ich_i + X_i' \theta + \eta_i + \varepsilon_{1i} \quad (4.6)$$

4.3. CAPITAL HUMANO Y CRECIMIENTO ECONÓMICO EN SECCIÓN CRUZADA 111

donde γ_i es la tasa promedio de crecimiento del PIB per cápita del país i en el periodo muestral; ich_i es el índice de capital humano para el país i ; X_i es un vector de variables de control; η_i es un componente específico a cada país que captura la existencia de otros determinantes del crecimiento no incluidos en X_i , estos componentes no son observables. El interés está sobre el signo y la significancia de β . La estimación de la ecuación 4.6 presenta algunos problemas. Un primer inconveniente a considerar es el tratamiento que se le debe dar al componente específico. La estimación de 4.6 será válida únicamente si el componente individual puede ser considerado como no correlacionado con las otras variables explicativas, lo cual es análogo al problema de sesgo de variable omitida. Otra dificultad surge de la respuesta endógena de algunas variables de 4.6, particularmente de ich , a cambios en el PIB. Para tratar con estos problemas se emplea un enfoque de variables instrumentales, en el cual la ecuación 4.6 es la segunda etapa. La primera etapa estará representada por:

$$ich_i = X_i' \psi + Z_i' \lambda + \varepsilon_{2i} \quad (4.7)$$

donde Z_i es un vector de instrumentos. Se ha evidenciado una creciente preocupación sobre la fuerza y validez de las variables instrumentales en la práctica. La consecución de instrumentos es una tarea compleja (Durlauf et al., 2005), donde mucha de la literatura que construye instrumentos “inteligentes” podrían ser inválidos, $E[Z_i \varepsilon_{1i}] \neq 0$, o débiles, $E[Z_i ich_i] \neq 0$ pero con baja correlación, o ambos (Murray, 2006). El uso de valores rezagados y de valores iniciales es una práctica común en la literatura de crecimiento económico. No obstante, la utilización de estos instrumentos puede ser una manera imperfecta de tratar el problema, particularmente si las variables muestran componentes específicos o si las tendencias globales pueden alterarlas significativamente a través del tiempo. Nuevos desarrollos en econometría han asistido en la búsqueda de una mejor identificación, particularmente en contextos de datos de panel con el surgimiento del estimador del sistema MGM de Arellano y Bover (1995) y Blundell y Bond (1998). En sección cruzada Lewbel (2012) introduce un nuevo método que permite identificar los parámetros estructurales en modelos donde las variables instrumentales no están disponibles o son inválidas o débiles. La identificación surge de contar con regresores no correlacionados con el producto de los

errores heterocedásticos. En concreto [Lewbel \(2012\)](#) demuestra que la identificación de los parámetros de la ecuación 4.6 es posible si

$$E[X_i \varepsilon_{1i}] = 0, E[X_i \varepsilon_{2i}] = 0, \text{cov}[Z_i \varepsilon_{1i} \varepsilon_{2i}] = 0 \text{ y } \text{cov}[Z_i, \varepsilon_{2i}^2] \neq 0, \quad (4.8)$$

donde ε_{1i} y ε_{2i} son los errores de segunda y primera etapa respectivamente, y Z_i es un vector de variables exógenas, el cual puede ser un subconjunto de X_i o $Z_i = X_i$. La implementación se efectúa regresando cada variable endógena con todas las variables exógenas y recuperando el vector de residuales $\hat{\varepsilon}$. Luego, estos residuales son usados para crear instrumentos mediante el producto $[Z_i - \bar{Z}] (\hat{\varepsilon}_2)$, donde $\bar{Z}$ es la media de Z_i . Como señala [Lewbel \(2012\)](#) el supuesto de que $\text{cov}[Z_i, \varepsilon_{1i} \varepsilon_{2i}] = 0$ significa que $[Z_i - \bar{Z}] (\hat{\varepsilon}_2)$ es un instrumento válido pues no está correlacionado con ε_{1i} . La fuerza del instrumento será entonces proporcional al grado de heterocedasticidad de ε_{2i} con respecto a Z_i . De esta manera, la identificación requiere que los términos de error de las regresiones de la primera etapa sean heterocedásticos. Como menciona [Lewbel \(2012\)](#) se puede comprobar este supuesto mediante un *test* de heterocedasticidad de Breusch-Pagan. Aunque la estimación puede ser hecha por medio de 2SLS, en presencia de heterocedasticidad, la eficiencia puede ser aumentada por MGM ([Baum et al., 2003](#)). Siguiendo a [Lewbel \(2012\)](#) se dejará que S sea un vector de elementos de γ_i , ich_i , X_i y Z_i para pasar a definir a Γ como el conjunto de parámetros de la forma reducida de 4.6 y 4.7, entonces

$$g_1(S, \Gamma) = X (\gamma_i - \alpha + \beta ich_i + X_i' \theta)$$

$$g_2(S, \Gamma) = X (ich_i - \sigma + X_i' \psi + Z_i' \lambda)$$

$$g_3(S, \Gamma) = Z_i - \bar{Z}$$

$$g_4(S, \Gamma) = (Z_i - \bar{Z}) (\gamma_i - \alpha + \beta ich_i + X_i' \theta) (ich_i - \sigma + X_i' \psi + Z_i' \lambda)$$

Agrupando estos vectores en un gran vector $G(S, \Gamma)$ y satisfaciendo las condiciones de ortogonalidad en 4.8 se debe cumplir que $G(S, \Gamma) = 0$, permitiendo estimar los parámetros estructurales de 4.6 correctamente por medio de MGM.

4.3.1. Descripción de los datos y discusión de resultados

4.3.1.1. Datos

Los datos provienen de varias fuentes para una muestra de 91 países de diferentes niveles de desarrollo, cubriendo el periodo 1975-2011. Todas las variables son introducidas como promedio del periodo subyacente. Los datos sobre PIB per cápita real son tomados de Penn World Table (PWT), versión 8.0 (Feenstra et al., 2013). Para la implementación de la ecuación 4.6 se utiliza *ich* como el promedio del índice de capital humano y las variables necesarias para su construcción son discutidas en Laverde (2015). Para contrastar los resultados de *ich* se emplea una medida tradicional basada en educación, años promedio de educación, elaborada por Barro y Lee (2013). Para la selección de las variables de control se sigue la práctica común de la literatura especializada en crecimiento económico (Mankiw et al., 1990; Easterly et al., 2002; Doppelhofer et al., 2000; Barro, 2002). Las variables incluidas se dividen en dos grupos. En el primer grupo se incluye inversión en capital físico, medida como la participación promedio de la inversión real a PIB, consumo promedio del gobierno como porcentaje del PIB, ambas variables tomadas de PWT, e inflación medida a través de los precios al consumidor, de los indicadores del Banco Mundial. En el segundo grupo se incluye la tasa de crecimiento de la población, tomada de PWT, una variable binaria que mide el nivel de democracia de los países y dos indicadores estimados mediante componentes principales para aproximar el grado de impugnación de los países, estas tres últimas variables provienen de la base de datos de Teorell et al. (2013). Como es conocido el capital humano, la inversión y la tasa de crecimiento de la población presentan problemas de endogeneidad, por lo cual son instrumentadas con sus valores iniciales en 1975 y su rezago en 1970.

4.3.1.2. Resultados

En esta sección se presentan las estimaciones para sección cruzada entre países. A nivel general parece haber una relación positiva entre el indicador creado y la tasa de crecimiento del PIB, tal como se observa en la figura 4.1, lo que también se observa entre APE y crecimiento. El índice de capital humano, *ich*, presenta una correlación de 0.51 la cual es ligeramente superior a la reportada por APE (ver cuadro 4.3).

El cuadro 4.4 muestra los resultados de las regresiones ignorando los problemas mencionados anteriormente para la estimación de este tipo de modelos. La columna (1) es una simple regresión entre el logaritmo de *ich* y la tasa de crecimiento del PIB. El coeficiente de *ich* (0.321) sugiere que el capital humano impacta positiva y significativamente al crecimiento económico, con una varianza explicada de $R^2=0.201$. De este modelo se deriva que un cambio en la desviación estándar de *ich* contribuye al crecimiento en 0,671 ($= 0,321 \times 2,089$). En la columna (2) se contrastan estos resultados con la medida tradicional basada en educación, APE. Esta variable contribuye significativamente al crecimiento con un R cuadrado de 0.176, un incremento en una desviación estándar de esta variable aumenta el PIB en 0,627 ($= 1,325 \times 0,473$).

La columna (3) y (4) adiciona al modelo anterior, el valor inicial del PIB para evaluar convergencia condicional entre países. La inclusión de esta variable mantiene a *ich* altamente significativa (columna 3) aumentando la magnitud del coeficiente (0.774), lo que significa que un aumento de una desviación estándar impulsa el PIB en 1.617, y el R cuadrado a 0.372. Los resultados para APE, aunque altamente significativos, son de menor magnitud tanto en el impacto sobre el PIB ($0,979 = 2,07 \times 0,473$) como en la varianza explicada del modelo $R^2=0.226$.

Las columnas (5) y (6) incluyen un set de variables de control: participación del gobierno como porcentaje del PIB, inflación e inversión en capital físico. Aunque la introducción de estas variables reduce marginalmente la magnitud de *ich* conserva la significancia estadística de la variable. Ante esta nueva especificación, APE se mantiene altamente significativa, pero al igual que con el modelo anterior, impacta menos en relación con *ich*, una diferencia de 0.575, ante incrementos en desviaciones estándar, y contribuye en una cuantía menor en la varianza explicada.

4.3. CAPITAL HUMANO Y CRECIMIENTO ECONÓMICO EN SECCIÓN CRUZADA 115

Las columnas (7) y (8) introducen cinco variables de control adicionales: la tasa de crecimiento de la población, una variable binaria que mide el nivel de democracia de los países, dos indicadores que aproximan el grado de impugnación de los países y una variable regional para los países africanos. Nuevamente, estas variables no alteran significativamente el rendimiento de *ich*, porque muestran siempre mayores niveles de impacto y varianza explicada que APE, aunque la diferencia entre las dos variables se reduce considerablemente.

Aunque estos primeros resultados avalan el rendimiento de *ich* como determinante del crecimiento económico, podrían ser espurios dados los problemas de endogeneidad de algunas de las variables expuestas. Con el ánimo de obtener resultados más consistentes, se estiman los modelos por técnicas de variables instrumentales. Además de *ich*, las posibles variables con problemas de endogeneidad son la inversión en capital físico y la tasa de crecimiento poblacional². Estas variables son instrumentadas con sus valores iniciales en 1975 y su retardo en 1970. La validez de los instrumentos puede ser evaluada por un *test* de Hansen *J statistic*, en el cual se evalúa que todas las condiciones de ortogonalidad sean válidas. Adicionalmente se puede evaluar el problema de instrumentos débiles (Stock et al., 2002) mediante un *test* basado en *Kleibergen-Paap rk Wald F statistic* el cual es robusto en presencia de heterocedasticidad (Kleibergen y Paap, 2006).

El cuadro 4.5 muestra las estimaciones mediante el Método Generalizado de Momentos (MGM). Los coeficientes de *ich* se mantienen altamente significativos ante las tres primeras especificaciones, y mantiene un impacto que oscila entre $[0,506 - 1,212]$ ante una variación en la desviación estándar. Sin embargo, en la especificación donde se incluyen la totalidad de variables se reduce la significancia estadística y el impacto de *ich*. Este resultado podría explicarse por las restricciones de exclusión utilizadas. En este modelo, aunque el *test* de Hansen *J statistic* muestra que se cumple con las condiciones de ortogonalidad, una inspección mediante el *test* de *Kleibergen-Paap rk Wald F statistic* revela su bajo valor³, y señala alguna persistencia en la debilidad de los instrumentos utilizados. Estos mismo resultados

²Aunque otras variables de control podrían presentar problemas de endogeneidad, se sigue la práctica generalizada de instrumentar solo a la *proxy* del capital humano, la inversión en capital físico y la tasa de crecimiento poblacional. Además, la validez de los diferentes modelos será constatada mediante una batería de *test* que verifican que las condiciones de ortogonalidad sean cumplidas.

³Los valores críticos de Stock y Yogo solo pueden ser superados a partir de 10% máximo de sesgo “deseado”.

4.3. CAPITAL HUMANO Y CRECIMIENTO ECONÓMICO EN SECCIÓN CRUZADA¹¹⁶

se observan en APE, donde el *test* de *Hansen J statistic* no es pasado satisfactoriamente para ninguna de las especificaciones.

Con el ánimo de encontrar resultados más consistentes, los modelos son estimados mediante la propuesta de [Lewbel \(2012\)](#)⁴. El cuadro 4.6 muestra los resultados⁵. Como se observa *ich* muestra una alta significancia sin importar la especificación que se utilice y es más consistente en magnitud que la estimación por MCO y MGM. Por otro lado, APE mantiene el patrón observado bajo MCO y MGM, mostrando una alta magnitud y significancia en las tres primeras especificaciones, aunque menores en relación con *ich*, reduciendo estos dos aspectos en el último modelo. Sin embargo, ahora el estadístico *J* de Hansen avala los instrumentos generados bajo la identificación de [Lewbel \(2012\)](#).

Una vez testada y validada la variable creada por [Laverde \(2015\)](#) como determinante del crecimiento económico, mediante las diferentes especificaciones y métodos de estimación, dos importantes interrogantes son abordados. En primer lugar, las variables educativas que hacen parte de los bloques que tratan de explicar el rendimiento del capital humano, dentro de ellas los años promedio de educación muestran un comportamiento ambivalente dentro del indicador creado. En efecto, por una parte se observa que para el periodo 1970-1990 los logros educativos no solamente son un factor importante para explicar las variaciones del rendimiento del capital humano, sino que además ganan importancia relativa de manera creciente. Sin embargo, para el periodo 1991-2010 esta situación se revierte, tomando una mayor relevancia los factores relacionados con la calidad del capital humano. Este comportamiento de las variables educativas puede ser explicado por sus limitaciones intrínsecas (no corregir por calidad, homogeneización entre individuos, etc.) y por los umbrales que estas variables están alcanzando en el tiempo. Por ejemplo, los años promedio de educación, dada su concepción, parece estancarse después de cierto nivel, lo cual podría explicarse no solo por una cuestión fisiológica de los individuos, sino también por las dinámicas costo-beneficio que están presentes en este tipo de inversiones.

⁴Como condición de identificación mediante este método se requiere que los términos de error de las regresiones de la primera etapa sean heterocedásticos. Utilizando el *test* de Breusch-Pagan para heterocedasticidad se encuentra que la hipótesis nula de errores homocedásticos es claramente rechazada en cada caso con un valor de *p-value* igual a 0.000, justificando el uso del enfoque de [Lewbel \(2012\)](#).

⁵Para la implementación de [Lewbel \(2012\)](#) se emplea el paquete IVREG2H para STATA de [Baum y Schaffer \(2014\)](#). Las columnas 1 y 2 arrojan los mismos resultados que en MGM dado que en estos modelos no se cuenta con variables exógenas que permitan implementar la metodología de [Lewbel \(2012\)](#).

4.3. CAPITAL HUMANO Y CRECIMIENTO ECONÓMICO EN SECCIÓN CRUZADA 117

En segundo lugar, tal como lo evidencia el cuadro 4.7, se observan diferencias importantes entre *ich* y APE cuando la muestra es dividida por niveles de desarrollo. En la primera parte de esta tabla se toma una muestra a nivel mundial de 91 países para diferentes niveles de desarrollo. La muestra revela que aunque se observan incrementos decrecientes en ambos indicadores, la tendencia solo se mantiene para APE cuando la muestra es restringida a países no desarrollados, y que las tasas de crecimiento del indicador *ich* son crecientes para este subconjunto de países en el periodo 1980-2010. Por otro lado, se aprecia que las diferencias por bloques de desarrollo se reducen en el tiempo para ambos indicadores. En términos de logros educativos, esta evidencia señala que los países se están homogeneizando y mostrando tasas cada vez menores, alcanzando umbrales que agotan su capacidad para transferir crecimientos significativos en el rendimiento del capital humano. Por su parte *ich*, dado que es construido con variables que van más allá de variables educativas basadas en cantidad, crece a tasas más altas y crecientes (en el caso de los países no desarrollados), lo que le permitiría una mejor caracterización del capital humano. No obstante, esta variable también podría mostrar en el largo plazo patrones similares a los de APE, no por la manera como se construye el indicador, sino por las variables utilizadas en su construcción. Este indicador compuesto podría de igual forma llegar a un punto estacionario, dado que variables como esperanza de vida o tasas de mortalidad infantil, están acotadas y los hechos estilizados muestran que los países también se están homogeneizando en estas variables trasladándole este efecto a *ich*.

De esta manera, sería interesante comprobar cómo este comportamiento de APE afecta su capacidad para influir sobre el crecimiento económico y cómo *ich* se muestra ante estos escenarios. Con el ánimo de realizar este análisis, en el cuadro 4.8 se realizan las estimaciones dividiendo la muestra en dos periodos. En la parte superior de la tabla se muestran los resultados para el periodo 1970-1990. En este caso se confirma la importancia que tuvo APE en la determinación del crecimiento económico. Ante los diferentes métodos de estimación, APE se muestra con un fuerte y significativo impacto, aunque nuevamente solo se logra la plena identificación ante la propuesta de Lewbel (2012). Por su parte, ante este nuevo contexto *ich* reafirma su buen comportamiento como *proxy* del capital humano, a pesar de que en el caso de VI por MGM, esta variable no es significativa debido a la invalidez de los instrumentos utilizados (el *test* de Hansen no pasa satisfactoriamente). Cuando

el modelo es estimado por VI basado en heterocedasticidad, el coeficiente de *ich* muestra un fuerte impacto y es altamente significativo, al tiempo que corrige satisfactoriamente los problemas de endogeneidad.

Por otro lado, en la parte inferior del cuadro 4.8 se muestran los resultados para el periodo 1991-2010. Como se observa, el estancamiento de APE y su homogeneización entre los países está impactando significativamente sobre su poder de determinación en el crecimiento económico. En cada una de las especificaciones esta variable no solo deja de ser significativa estadísticamente, sino que además presenta el signo incorrecto. Por su parte, aunque *ich* pierde significancia estadística, sigue mostrando un buen comportamiento, particularmente cuando se corrigen los problemas de endogeneidad. Estos resultados confirman, por un lado, la pérdida de capacidad de APE en el tiempo como determinante del crecimiento económico fruto de sus limitaciones y de los umbrales alcanzados por esta variable. Por otro lado, se evidencia que cuando el capital humano es aproximado desde un enfoque multidimensional, mediante la incorporación de elementos que van más allá de una simple variable educativa basada en cantidad, la capacidad de explicación de esta variable mejora sustancialmente.

Para evaluar cómo se comportan estos dos indicadores en relación con el nivel de desarrollo, el cuadro 4.9 presenta los resultados cuando se excluyen de la muestra a los países pertenecientes a la OECD. En este caso los dos indicadores presentan comportamientos similares⁶. Aunque en sección cruzada no se alcanzan a evidenciar los problemas que presenta APE como determinante del crecimiento ante los diferentes niveles de desarrollo de los países, como se verá estos salen a flote cuando esta variable es introducida en un contexto de datos de panel.

4.4. Capital humano y crecimiento económico en paneles dinámicos

Con el ánimo de realizar un análisis de sensibilidad para el índice creado, expandir la muestra y controlar la heterogeneidad no observada se implementa técnicas de datos de

⁶El uso de VI para los países pertenecientes a la OECD no fue posible dado lo reducido de la muestra, lo cual limita el análisis en este contexto.

panel. La ecuación 4.6 puede ser establecida en modelos de datos de panel de la siguiente manera:

$$\Delta y_{it} = (\alpha - 1)y_{i,t-1} + x'_{it}\beta + \mu_i + \delta_t + v_{it} \quad i = 1, \dots, N; t = 2, \dots, T \quad (4.9)$$

$$E(\mu_i) = E(v_{it}) = E(\mu_i v_{it}) = 0$$

donde Δy_{it} es la diferencia del logaritmo del PIB por trabajador; $y_{i,t-1}$ es el PIB por trabajador en el primer año del periodo; x'_{it} es un vector de variables de las características propias de los países (entre ellas el capital humano); μ_i son los efectos específicos de cada país no observados y δ_t recoge los efectos temporales que afectan a los diferentes países. Para tratar estos efectos temporales se incluye un conjunto de *dummys* de tiempo para todas las regresiones.

La ecuación 4.9 es equivalente a estimar un modelo de paneles dinámicos con variable dependiente rezagada en el lado derecho

$$y_{it} = \alpha y_{i,t-1} + x'_{it}\beta + \mu_i + \delta_t + v_{it} \quad i = 1, \dots, N; t = 2, \dots, T \quad (4.10)$$

La estimación de la ecuación 4.10 se enfrenta a algunos problemas para su identificación. Uno de ellos es las características específicas de los países, μ_i , por ejemplo el valor inicial de la tecnología no observada, preferencias u otros referidos al entorno socio-económico, las cuales podría estar correlaciona con los demás regresores imposibilitando la estimación de los parámetros de manera consistente. Los modelos de datos de panel hacen posible evitar este problema tratando estas características individuales como invariantes en el tiempo y eliminándolas mediante transformaciones. Otro problema es el de endogeneidad presente en algunas variables de x'_{it} . Como es común se puede recurrir al enfoque de variables instrumentales. El problema aquí es la dificultad de encontrar instrumentos válidos y fuertes. Finalmente, el valor retardado de la variable dependiente, $y_{i,t-1}$, esta correlacionada con los efectos fijos en el término de error. Una estrategia estándar en la literatura para tratar con estos problemas es utilizar el estimador en diferencias MGM desarrollado por [Arellano y Bond \(1991\)](#). Este estimador transforma (diferencia) las variables para eliminar los efectos fijos y, posteriormente, se instrumental las variables endógenas (incluyendo las

predeterminadas) con los rezagos de las variables en niveles. Sin embargo, el estimador de [Arellano y Bond \(1991\)](#) sufre de sesgo muestral cuando el número de periodos es pequeño y la variable dependiente muestra un alto grado de persistencia ([Alonso-Borrego y Arellano, 1999](#)). [Bond et al. \(2001\)](#) recomiendan en su lugar el estimador de sistema MGM desarrollado por [Arellano y Bover \(1995\)](#) y [Blundell y Bond \(1998\)](#) para conseguir estimaciones más consistentes. El estimador de sistema MGM utiliza los valores rezagados (fechados en $t - 2$ o más tempranos) en niveles como instrumentos para las variables transformadas en la ecuación de primeras diferencias, tal y como lo hace [Arellano y Bond \(1991\)](#), pero adiciona las diferencias rezagadas para instrumentar las variables endógenas en la ecuación de niveles. Combinando estas dos ecuaciones se logra mejorar la eficiencia de las estimaciones y evitar el sesgo muestral. Sin embargo, la ganancia de la eficiencia asintótica viene con un costo. El número de instrumentos tiende a incrementarse exponencialmente con el número de periodos. Esta proliferación de instrumentos puede llevar a: matriz de varianzas estimadas de gran tamaño, sesgo hacia abajo en los errores estándar en los estimadores de dos etapas, debilita el *test* de sobreidentificación y sobreajusta las variables endógenas, entregando estimadores sesgados. Una regla recomendable en las estimaciones es que el número de instrumentos no supere al número de grupos. Siguiendo a [Roodman \(2009\)](#) este estudio utiliza el estimador de sistema MGM, y para evitar la proliferación de instrumentos, emplea solo el segundo rezago tanto para la ecuación en diferencias como en niveles⁷. La consistencia de las estimaciones descansa sobre el cumplimiento de las condiciones de ortogonalidad, es decir que los residuos no estén serialmente intercorrelacionados y los regresores sean exógenos. Para verificar el cumplimiento de estos supuestos se cuenta con una batería de *test*: *test* de sobreidentificación de Hansen para chequear la validez de los instrumentos y AR(2) para probar correlación serial.

4.4.1. Resultados

El cuadro 4.10 reporta los resultados del modelo base utilizando un panel balanceado para los datos empleados en la sección 4.3, promediados cada cinco años durante el periodo

⁷Las estimaciones son hechas mediante el paquete xtabond2 en Stata (ver [Roodman, 2006](#))

4.4. CAPITAL HUMANO Y CRECIMIENTO ECONÓMICO EN PANELES DINÁMICOS¹²¹

1975-2001⁸. El cuadro divide las estimaciones ubicando los modelos para el índice para el capital humano creado, *ich*, en la parte superior y la variable educativa, años promedio de educación, APE en la inferior. Siguiendo a [Bond et al. \(2001\)](#) se realizan estimaciones por MCO agrupados y efectos fijos (FE). Ambas estimaciones utilizan errores estándar robustos, reunidos por país. Estas estimaciones son informativas por cuanto dan los límites inferior y superior para el coeficiente autoregresivo del PIB. El efecto del capital humano sobre el crecimiento económico, es primero observado sin incorporar variables de control, excepto *dummys* de tiempo, columnas (1) a (3). El PIB rezagado es tratado como una variable predeterminada mientras *ich* y APE como variables endógenas. Como se puede apreciar, las estimaciones por MCO agrupados (columna 1) y efectos fijos (columna 2), muestran que los límites para el PIB rezagado, se ubican en el rango de [-0.686, -0.201] para el modelo, donde se incluye *ich* y en [-0.683, -0.128] para APE, los cuales son negativos y altamente significativos. En cuanto a las variables de capital humano, ambas variables se presentan con signos positivos y altamente significativos en MCO agrupados, pero *ich* muestra un mayor poder de explicación. Por otro lado, en los modelos de efectos fijos las variables no parecen aportar mucho al modelo, ambas no son significativas y el caso de APE aparece con signo negativo, esto puede deberse al potencial sesgo, debido a los problemas de endogeneidad y al valor rezagado del PIB. En las columnas (4) y (5) se estiman estos mismos modelos introduciendo el conjunto de controles presentados en la sección 4.3. Como se observa, aunque los coeficientes de *ich* y APE disminuyen, ante estas nuevas especificaciones presentan comportamientos similares a los modelos anteriores.

La columna (3) reporta los resultados para el estimador de sistema MGM (*two-step*) utilizando solamente el segundo rezago como medida para evitar la proliferación de instrumentos ([Roodman, 2009](#)) y utilizando únicamente *dummys* de tiempo. En las estimaciones también se emplea la corrección de [Windmeijer \(2005\)](#) para los errores estándar. Para ambos modelos del capital humano, el PIB rezagado se encuentra en los límites establecidos por las columnas (1) y (2), y tiene el signo esperado con un alto nivel de significancia. Comparando las dos *proxys* para el capital humano, ambas presentan coeficientes positivos

⁸Esta es una estrategia estándar en la literatura para evitar fluctuaciones cíclicas de las variables (vea por ejemplo, [Barro y Lee, 1993](#); [Mankiw et al., 1990](#), entre otros).

y altamente significativos. Un incremento de una desviación estándar (1,7) en el indicador creado eleva el crecimiento del PIB en 0.504 mientras la variable educativa lo hace en 0.642. Cuando se incluyen las variables de control *ich* pierde significancia estadística, mientras APE se mantiene altamente significativa y con un mayor aporte al crecimiento económico⁹.

La fila del *test J* de Hansen reporta los valores de *p-value* para la hipótesis nula de la validez de las restricciones de sobreidentificación. Ninguna de las especificaciones rechaza la hipótesis nula, y señalan la validez de los instrumentos. Los valores AR(1) y AR(2) son los *p-values* para los errores autocorrelacionados de primer y segundo orden respectivamente, en la ecuación de primeras diferencias. Mientras AR(1) espera ser significativo, AR(2) es un *test* de especificación bajo la hipótesis nula de no correlación serial. Nuevamente, ninguna de las especificaciones puede rechazar esta hipótesis. Estas pruebas señalan una apropiada especificación de los modelos.

Al igual que en la sección precedente, una vez validado el buen comportamiento de ambas variables mediante paneles dinámicos, se evalúan las dos preocupaciones planteadas en relación con el comportamiento de APE y la respuesta de *ich* ante estas especificaciones. En primer lugar, el cuadro 4.11 reporta los resultados para ambos indicadores, cuando solo se tiene en cuenta el periodo 1975-1990 y ante las mismas especificaciones del cuadro 4.10. En este caso tanto *ich* como APE parecen comportarse bien solo cuando no se utiliza la totalidad de los controles. Cuando estos son incluidos ambas variables dejan de ser significativas, reducen significativamente su impacto y no logran la identificación de los modelos. En este modelo, la reducción significativa de los instrumentos utilizados en la identificación puede estar incidiendo en los resultados, pues como se muestra mediante en la estimación por MCO agrupados, ambas variables se presentan altamente significativas, lo que confirma los resultados de la sección anterior. Es decir, aunque la restricción de la muestra a este sub-periodo no permite corregir satisfactoriamente los problemas de endogeneidad, MCO agrupados permite dilucidar que la educación jugó un papel fundamental en la formación de capital humano, incidiendo significativamente en el crecimiento económico. Es en este periodo que se producen las mayores tasas de crecimiento en términos de educación basada

⁹La pérdida de significancia de variables alternativas a las basadas en cantidad educativa, como por ejemplo los *test* cognitivos, en modelos de sistema MGM ha sido observado en otros estudios vea por ejemplo Hanushek y Woessmann, 2012; Messinis y Ahmed, 2013).

4.4. CAPITAL HUMANO Y CRECIMIENTO ECONÓMICO EN PANELES DINÁMICOS¹²³

en cantidad a nivel mundial, particularmente en la década de los setenta, al aumentar los niveles de capital humano y productividad, lo que se refleja en el indicador creado.

No obstante, cuando el periodo en consideración es 1991-2010 (cuadro 4.12), APE pierde toda relevancia como determinante del crecimiento económico, incluso cuando no se incluyen los controles¹⁰. Ahora esta variable muestra el signo errado cuando el modelo es estimado por MCO agrupados. Mientras tanto *ich* exhibe un mejor comportamiento cuando no son incluidos los controles (muestra un fuerte impacto y es altamente significativo en todas las especificaciones), con controles *ich* pierde significancia cuando es estimada mediante sistemas MGM, lo cual nuevamente puede ser explicado por el número reducido de instrumentos los cuales no logran la identificación. Sin embargo, mediante los otros métodos *ich* se comporta significativa. Por otra parte, el comportamiento de *ich* también puede explicarse por la propia dinámica que le imprimen los indicadores que lo forman, entre ellos el propio APE. Con todo, estos resultados podrían revelar, por un lado, la pérdida de poder de explicación de APE en el tiempo y, por otro, que *ich* parece comportarse mejor a pesar de presentar también algunas limitaciones que inciden sobre su comportamiento, resultado de las dinámicas de las variables empleadas para su construcción, entre ellas APE. En este caso, los incrementos marginales de las variables educativas basadas en cantidad, parecen no ser suficientes para incidir sobre los rendimientos del capital humano y de ahí, sobre la productividad y el crecimiento económico. En este periodo reciente los factores relacionados más a la calidad de la acumulación del capital humano, parecen incidir de manera más decidida sobre el comportamiento de estas variables. Ante este escenario, *ich* se comporta mejor porque dentro de su estructura se incluyen variables que de alguna manera aproximan mejor la calidad del capital humano. Sin embargo, también muestra limitaciones, fruto, por un lado, de la disponibilidad de los datos para medir mejor otros elementos de la calidad de este *stock* y por otro, que las variables utilizadas en su medición (entre ellas APE y las relacionadas con salud) jalonan al indicador a puntos estacionarios, lo que también le resta poder de explicación como determinante del crecimiento económico.

¹⁰En este caso aunque mediante sistemas MGM APE es significativa no logra la identificación requerida, lo cual es confirmado por el test de Hansen y el test de autocorrelación AR(2).

4.4. CAPITAL HUMANO Y CRECIMIENTO ECONÓMICO EN PANELES DINÁMICOS¹²⁴

Otra de las preocupaciones planteadas en la sección anterior se encontraba en los comportamientos de *ich* y APE, cuando estas variables se enfrentaban a diferencias en los niveles de desarrollo de los países. En el cuadro 4.13 se realiza este análisis mediante dos sub-conjuntos de datos: en primer lugar, las columna (1) y (2) muestran las estimaciones del sistema MGM excluyendo de la muestra a los países de ingresos altos, incluyendo a los tigres asiáticos (Corea y Singapur)¹¹. En segundo lugar, en las columnas (3) y (4) se incluyen solo los países no pertenecientes a la OCDE. Como se observa, mientras el indicador creado *ich* muestra siempre el signo correcto, fuerte impacto y significativo en todas las especificaciones, APE no es significativo ante la inclusión de todas las variables de control. Además, para *ich* los *test* de especificación se comportan bien en todas las regresiones, mientras para APE, no pasa el *test* de Hansen cuando no se incluyen controles. Como se explicó en la sección anterior, los hechos estilizados muestran que APE no solamente está reduciendo sus tasas de crecimiento, sino que además se está homogeneizando alrededor de un nivel del cual, posiblemente, sea difícil escapar por la relación costo beneficio que implica aumentos en esta inversión. Estas tendencias junto a las limitaciones propias de este indicador, probablemente le estén restando capacidad para incidir sobre aumentos efectivos en el capital humano y de ahí, sobre el crecimiento económico. El indicador *ich* se muestra superior en este contexto porque captura mejor las disparidades en términos del rendimiento del capital humano entre los diferentes países. Las diferencias de los *scores* del indicador creado hacen una mejor caracterización en las divergencias de productividad, así como de calidad educativa entre países, que la homogenización en términos de educación basada en cantidad.

¹¹Una preocupación en la estimación del índice de capital humano creado es que este presenta grandes disparidades entre los países desarrollados y algunos países asiáticos, particularmente los denominados “tigres asiáticos”, con el resto de regiones. Si se compara el índice de capital humano de regiones ricas como América del Norte y Europa Occidental con regiones más atrasadas como África al sur del Sahara y América Latina en promedio la relación es de 39 y 14 veces respectivamente, las cuales son superiores a las observadas por las variables basadas en cantidad educativa. De esta manera, se busca además de responder al interrogante de la sección anterior, descartar que la conducción del *ich* esté basada solamente en el comportamiento de las regiones más avanzadas.

4.5. Conclusiones

Este documento introduce una nueva variable del capital humano como determinante del crecimiento económico. Esta medida es construida bajo un sistema de ecuaciones que incorpora varios de los elementos claves para este *stock*. El indicador parte de la primicia de ser superior a las medidas existentes, por cuanto se ajusta teóricamente a la noción del capital humano. En este sentido, evita el sesgo de variables omitidas, que están presentes en medidas tales con años promedio de educación.

Empíricamente la medida muestra un buen comportamiento ante diferentes especificaciones y técnicas econométricas para explicar el crecimiento económico. La variable creada se muestra con el signo correcto y es altamente significativa en la mayoría de las especificaciones propuestas y, en general reporta mejores rendimientos que la variable educativa. Un problema central en la estimación de este tipo de modelos, lo constituye los problemas de endogeneidad. Para superar este inconveniente, dos técnicas son empleadas en marcos de sección cruzada y paneles dinámicos. Los resultados avalan el buen rendimiento de la variable creada, particularmente en sección cruzada, ante las diferentes especificaciones y métodos de estimación.

Un resultado importante de este documento es que permite evidenciar que el poder de explicación de una variable educativa, como años promedio de educación, estará restringido al periodo de estudio y a la selección de la muestra. Los años promedio de educación muestran un comportamiento ambivalente en el indicador propuesto: para el periodo 1970-1990 esta variable aumenta su importancia dentro del rendimiento del capital humano, para luego reducirla paulatinamente en los periodos subsiguientes. Este comportamiento debería incidir sobre la capacidad de esta variable como determinante del crecimiento económico.

Los resultados de este documento avalan esta hipótesis, tanto en sección cruzada como en los paneles dinámicos. La variable educativa se muestra como un factor importante en el crecimiento económico del periodo 1970-1990. Es en este periodo que se presentan grandes inversiones por parte de los países en cantidad educativa, impactado fuertemente sobre el rendimiento de las economías. Sin embargo, cuando los países alcanzan una base determinada ya no son suficientes los niveles de capital humano basados en cantidad, sino que son los elementos relacionados con la calidad los que importan. La evidencia presentada revela

que los años promedio de educación pierden toda relevancia para explicar al crecimiento después de 1990. Para este período, los países han alcanzado niveles que los han homogeneizado en términos de cantidad, pero en los cuales persisten unas diferencias marcadas en términos de rendimiento y calidad. El indicador creado supera estas debilidades con una advertencia. Las variables que ayudan a formar la medida de capital humano, diferentes a cantidad educativa, también agotarán su capacidad de transferir mejoras al capital humano, este es el caso de las relaciones con la salud en el largo plazo, puesto que también están acotadas y tienden a homogenizarse entre países. De ahí que el indicador creado también presente limitaciones en el largo plazo, no por la manera en que es construido, sino por las variables utilizadas en su construcción.

Por otro lado, los años promedio de educación, no parecen capturar bien las diferencias para el bloque de países en desarrollo. Esto debido a que mientras esta variable tiende a homogeneizarse en el tiempo, las brechas en términos de productividad, varían considerablemente entre países. De esta manera, se está tratando de explicar la enorme volatilidad de una variable con una que cambia menos en el tiempo cada vez. El indicador creado parece capturar de una manera más adecuada estas diferencias por cuanto se basa en el rendimiento del capital humano. En efecto, los hechos estilizados muestran que independientemente del nivel de desarrollo, los años promedio de educación reportan tasas positivas pero decrecientes, mientras las diferencias en términos de productividad permanecen considerables por bloques de desarrollo. Estos comportamientos disímiles van a incidir sobre la capacidad que tienen las variables educativas que están basadas en cantidad para influir en el crecimiento económico. En cambio, la evidencia presentada en este documento señala que cuando la muestra es restringida a países en desarrollo, el indicador creado muestra un buen comportamiento porque esta medida reporta tasas de crecimiento que no solamente son positivas sino crecientes. Aunque el indicador creado se ve influenciado por la dinámica misma de los años promedio de educación (y otras variables que presentan comportamientos similares), es luego compensado por los impactos de elementos relacionados con productividad, generación de nuevo conocimiento y calidad de las inversiones hechas en capital humano, lo que en suma produce un efecto neto positivo al transferir tasas positivas al indicador, de ahí que se capture de mejor manera el comportamiento del crecimiento económico.

4.6. Cuadros y figuras

Cuadro 4.1: Correlaciones entre diferentes medidas de capital humano

	<i>ich</i>	<i>ich</i>	<i>Ape</i>	<i>test</i>
<i>Ape</i>	0.857 ^a	0.793 ^a		
<i>test</i>		0.735 ^a	0.603 ^a	
<i>ich2</i>		0.921 ^a	0.721 ^a	0.829 ^a
	<i>n</i> = 91	<i>n</i> = 44	<i>n</i> = 44	<i>n</i> = 44

Fuente: calculos propios en base a Indicadores del Banco Mundial, [Barro y Lee \(2013\)](#) y [Altinok y Murseli \(2007\)](#).

Nota:^a rho de Spearman con nivel de significancia al 1 %. *ich* es el indicador creado con bloque de rendimiento del capital humano con variables manifiestas patentes per cápita y consumo de energía per cápita. *ich2* es el indicador adicionando al bloque de rendimiento una variable comercio per cápita de equipos relacionados con la investigación y la educación y una variable del rendimiento en el aprendizaje de los estudiantes (*test*).

Cuadro 4.2: Diferentes medidas de capital humano para el análisis de regresión básico como determinantes del crecimiento económico por MCO

	Variable dependiente: PIB por trabajador							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
$\ln(ape)$	1.912*** (0.424)				1.091** (0.477)			
$\ln(test)$		10.115*** -2.616				7.097** -3.256		
$\ln(ich)$			0.389*** (0.042)				0.373*** (0.060)	
$\ln(ich2)$				3.528*** (0.3915)				3.727*** (0.572)
Controles	No	No	No	No	Si	Si	Si	Si
Tamaño de la muestra	44	44	44	44	44	44	44	44
R^2	0.341	0.279	0.596	0.629	0.488	0.500	0.663	0.677

Fuente: cálculos propios en base a Indicadores del Banco Mundial, Feenstra et al. (2013), Barro y Lee (2013) y Teorell et al. (2013).

Nota: errores estándar robustos entre paréntesis. **p<0.05, ***p<0.01. De las columnas 1 a 4 se comparan los dos indicadores creados (*ich* y *ich2*) con las dos variables educativas (*ape* y *test*). De las columnas 5 a 8, se realizan las mismas comparaciones cuando las regresiones incluyen controles.

Cuadro 4.3: Estadísticas descriptivas para *ich* y APE y correlación con crecimiento económico

	Media	Desví. Están.	Min.	Max.	Correlación con crecimiento económico
$\ln(ich)$	5,744	2,089	1,755	9,364	0,513 ^a
$\ln(APE)$	1,822	0,473	0,117	2,517	0,484 ^a

Fuente: calculos propios en base a Indicadores del Banco Mundial, [Feenstra et al. \(2013\)](#), [Barro y Lee \(2013\)](#) y [Teorell et al. \(2013\)](#).

Nota: $\ln(ich)$ es el logaritmo natural de los scores estimados mediante el modelo PLS-PM; $\ln(ape)$ es el logaritmo natural de años promedio de educación.^arho de Spearman con nivel de significancia al 1 %.

Cuadro 4.4: Análisis de regresión para el crecimiento económico por MCO

	Variable dependiente: diferencia del logaritmo promedio 1975-2011							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Constante	0,068 (0.432)	-0,502 (0.606)	6,466*** (0.113)	2,013 (0.524)	4,836* (0.136)	0,523 (0.535)	6,989** (0.172)	5,739** (0.477)
$\ln(\text{ich})$	0,321*** (0.066)		0,774*** (0.113)		0,659*** (0.136)		0,540*** (0.172)	-2,584 (0.477)
$\ln(\text{APE})$		1,325*** (0.308)		2,070*** (0.524)		1,696*** (0.535)		1,297*** (0.477)
$\ln(\text{PIB75})$			-1,069*** (0.245)	-0,460*** (0.225)	-1,161*** (0.238)	-0,701*** (0.239)	-1,205*** (0.278)	-0,914*** (0.252)
$\ln(\text{GOV/PIB})$					-0,039 (0.577)	-0,110 (0.576)	-0,090 (0.557)	-0,279 (0.520)
$\ln(\text{INFLA})$					-0,163 (0.169)	-0,157 (0.167)	-0,186 (0.162)	-0,197 (0.157)
$\ln(\text{INV/PIB})$					1,193* (0.687)	1,634** (0.645)	1,100 (0.813)	1,354* (0.718)
$\ln(\text{POB})$							-0,563* (0.308)	-1,219*** (0.305)
DEMO							0,375 (0.561)	0,463 (0.539)
CONTES							-0,030 (0.353)	-0,137 (0.338)
INCLUS							-0,340 (0.240)	-0,343 (0.269)
África =1							-0,548 (0.249)	-0,721 (0.482)
Tamaño de la muestra	91	91	91	91	91	91	91	91
R^2	0,201	0,176	0,372	0,226	0,4452	0,3536	0,489	0,466

Fuente: cálculos propios en base a Indicadores del Banco Mundial, Feenstra et al. (2013), Barro y Lee (2013) y Teorell et al. (2013).

Nota: errores estándar Huber-White. Todas las variables son promedios del periodo 1970-2011. Significancia estadística: *p<0.1, **p<0.05, ***p<0.01.

Cuadro 4.5: Análisis de regresión para el crecimiento económico por MGM

	Variable dependiente: diferencia del logaritmo promedio 1975-2011							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Constante	0.507 (0.453)	-0.017 (0.554)	4.603** (0.138)	2.220 (0.439)	4.799 (0.291)	1.613 (0.551)	7.467** (0.321)	5.208 (0.230)
$\ln(\text{ich})$	0.242*** (0.065)		0.552*** (0.138)	-1.380 (0.211)	-3.254 (0.552)	-2.919 (0.557)	-3.376 (0.573)	-3.274 (0.562)
$\ln(\text{APE})$		1.082*** (0.277)		1.875*** (0.439)	-0.954*** (0.291)	1.586*** (0.551)	0.430* (0.229)	1.042** (0.498)
$\ln(\text{PIB75})$			-0.697** (0.293)	-0.441** (0.211)	-0.954*** (0.291)	-0.762*** (0.551)	-0.953*** (0.321)	-0.919*** (0.230)
$\ln(\text{GOV/PIB})$					0.00493 (0.552)	-0.280 (0.557)	-0.188 (0.573)	-0.406 (0.562)
$\ln(\text{INFLA})$					-0.182 (0.159)	-0.137 (0.164)	-0.193 (0.154)	-0.120 (0.152)
$\ln(\text{INV/PIB})$					0.750 (0.928)	1.679 (0.928)	0.686 (0.928)	1.755* (0.988)
$\ln(\text{POB})$					-1.081 (0.495)	-1.097 (0.495)	-0.827* (0.495)	-1.190*** (0.415)
DEMO							0.188 (0.543)	0.316 (0.529)
CONTES							-0.138 (0.354)	-0.104 (0.343)
INCLUS							-0.278 (0.217)	-0.223 (0.238)
África =1							-1.142*** (0.421)	-0.663 (0.472)
Tamaño de la muestra	91	91	91	91	91	91	91	91
R^2	0,189	0,169	0,343	0,223	0,429	0,345	0,458	0,452
Hansen J statistic (p -value)	0,6257	0,0743	0,8098	0,0451	0,9473	0,0972	0,2480	0,0928

Fuente: cálculos propios en base a Indicadores del Banco Mundial, [Feenstra et al. \(2013\)](#), [Barro y Lee \(2013\)](#) y [Teorell et al. \(2013\)](#).

Nota: errores estándar Huber-White. Todas las variables son promedios del periodo 1970-2011. Los instrumentos externos son el PIB inicial en 1975 y su rezago en el periodo 1970. Significancia estadística: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$. Aunque no reportados, la validez de los instrumentos, además del test de J de Hansen, son testeados por los valores críticos de Stock y Yogo mediante el estadístico Kleibergen-Paap rk Wald F el cual es robusto ante heterocedasticidad.

Cuadro 4.6: Análisis de regresión para el crecimiento económico - VI basada en Heterocedasticidad

	Variable dependiente: diferencia del logaritmo promedio 1975-2011							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Constante	0.507 (0.453)	-0.017 (0.554)	3.603* -1.742	2.166 -1.377	5.528* -2.881	0.484 -2.833	9.313*** -1.980	4.893*** -1.798
$\ln(ich)$	0.242*** (0.065)		0.482*** (0.132)		0.628*** (0.137)		0.626*** (0.161)	
$\ln(APE)$		1.082*** (0.277)		1.849*** (0.436)		1.364*** (0.507)		0.951** (0.389)
$\ln(PIB75)$			-0.535* (0.279)	-0.430** (0.210)	-1.237*** (0.242)	-0.804*** (0.225)	-1.255*** (0.234)	-0.829*** (0.163)
$\ln(GOV/PIB)$					-0.845* (0.426)	-0.474 (0.504)	-0.322 (0.237)	-0.434 (0.266)
$\ln(INFLA)$					0.079 (0.107)	0.039 (0.116)	-0.077 (0.086)	-0.002 (0.087)
$\ln(INV/PIB)$					1.825** (0.746)	2.356** (0.946)	0.442 (0.554)	1.591*** (0.460)
$\ln(POB)$							-0.569* (0.269)	-1.299*** (0.214)
DEMO							0.416 (0.355)	0.356 (0.393)
CONTES							-0.165 (0.242)	-0.011 (0.261)
INCLUS							-0.250* (0.147)	-0.289 (0.181)
África =1							-1.011*** (0.237)	-0.636*** (0.257)
Tamaño de la muestra	91	91	91	91	91	91	91	91
R^2	0.189	0.169	0.32	0.223	0.353	0.289	0.449	0.435
Hansen J statistic (<i>p</i> -value)	0.6257	0.0743	0.1592	0.1222	0.2811	0.1511	0.3874	0.1157

Fuente: cálculos propios en base a Indicadores del Banco Mundial, [Feenstra et al. \(2013\)](#), [Barro y Lee \(2013\)](#) y [Teorell et al. \(2013\)](#).Nota: Todas las variables son promedios del periodo 1970-2011. Los instrumentos externos son el PIB inicial en 1975 y su rezago en el periodo 1970. Significancia estadística: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$. Aunque no reportados, la validez de los instrumentos, además del test de J de Hansen, son testeados por los valores críticos de Stock y Yogo mediante el estadístico Kleibergen-Paap rk Wald F el cual es robusto ante heterocedasticidad.

Cuadro 4.7: Media y variación de ICH y APE

	ICH	Variación %	APE	Variación %		
Mundial (91)						
1970	703,7		4,8			
1980	1050,8	49,3	5,9	23,2		
1990	1301,6	23,9	6,9	17,3		
2000	1598,6	22,8	7,8	13,7		
2010	1826,1	14,2	8,3	6,2		
	ICH	Variación %	Ratio	APE	Variación %	Ratio
Capital humano para países no Desarrollados (68)						
1970	162,2			3,7		
1980	295,3	82,1		4,8	31,3	
1990	347,7	17,7		5,9	22,6	
2000	458,5	31,9		6,9	16,6	
2010	716,3	56,2		7,5	7,5	
Capital humano para países Desarrollados (23)						
1970	2304,7		14,2	7,9		2,1
1980	3284,5	42,5	11,1	8,8	11,8	1,8
1990	4122	25,5	11,9	9,6	9	1,6
2000	4969	20,5	10,8	10,4	8,5	1,5
2010	5107,3	2,8	7,1	10,8	3,5	1,4

Fuente: calculos propios en base a Indicadores del Banco Mundial y [Barro y Lee \(2013\)](#).

Nota: los scores de *ich* estimados mediante un modelo PLS-PM tomado de [Laverde \(2015\)](#). Para los valores de ICH se puede tomar como referencia de escala alguna de las variables pertenecientes al bloque de *ich*, en este caso se tomó como referencia al consumo de energía per cápita.

Cuadro 4.8: Análisis de sensibilidad - por periodos

Variable dependiente: diferencia del logaritmo promedio						
Periodo 1970-1990						
	OLS	OLS	MGM	MGM	Lewel (2012)	Lewel (2012)
$\ln(ich)$	1.037*** (0.342)		0.655 (0.442)		0.925*** (0.279)	
$\ln(ape)$		3.313*** (0.930)		2.236** -1.119		3.108*** (0.714)
Tamaño de la muestra	91	91	91	91	91	91
R^2	0.4465	0.4772				
R^2 centrado			0.4253	0.4581	0.4096	0.4006
Hansen J statistic (p value)			0.0539	0.0764	0.3378	0.4772
Periodo 1991-2010						
	OLS	OLS	MGM	MGM	Lewel (2012)	Lewel (2012)
$\ln(ich)$	0.856** (0.362)		0.448 (0.329)		0.446** (0.199)	
$\ln(ape)$		-1.397 -1.429		-1.518 -1.228		-0.138 (0.758)
Tamaño de la muestra	91	91	91	91	91	91
R^2	0.2793	0.1866				
R^2 centrado			0.1269	0.0771	0.2438	0.1487
Hansen J statistic (p value)			0.8818	0.9084	0.3777	0.4178

Fuente: calculos propios en base a Indicadores del Banco Mundial, [Feenstra et al. \(2013\)](#), [Barro y Lee \(2013\)](#) y [Teorell et al. \(2013\)](#).

Nota: Todas las variables son promedios del periodo 1970-2011. Los instrumentos externos son el PIB inicial en 1975 y su rezago en el periodo 1970. Significancia estadística: * $p < 0.1$, *** $p < 0.05$, **** $p < 0.01$. Aunque no reportados, la validez de los instrumentos, además del test de J de Hansen, son testeados por los valores críticos de Stock y Yogo mediante el estadístico Kleibergen-Paap rk Wald F el cual es robusto ante heterocedasticidad.

Cuadro 4.9: Análisis de sensibilidad - por muestra de países

Variable dependiente: diferencia del logaritmo promedio						
	OLS	OLS	MGM	MGM	Lewel (2012)	Lewel (2012)
$\ln(ich)$	0.667*** (0.226)		0.630** (0.272)		0.506*** (0.122)	
$\ln(ape)$		1.221*** (0.479)		1.104** (0.540)		0.938*** (0.352)
Tamaño de la muestra	60	60	60	60	60	60
R^2	0.4894	0.4380				
R^2 centrado			0.4254	0.4180	0.4483	0.3949
Hansen J statistic (<i>p</i> -value)			0.5165	0.2398	0.4954	0.3896

Fuente: cálculos propios en base a Indicadores del Banco Mundial, [Feenstra et al. \(2013\)](#), [Barro y Lee \(2013\)](#) y [Teorell et al. \(2013\)](#).

Nota: Todas las variables son promedios del periodo 1970-2011. Los instrumentos externos son el PIB inicial en 1975 y su rezago en el periodo 1970. Significancia estadística: * $p < 0.1$, *** $p < 0.05$, **** $p < 0.01$. Aunque no reportados, la validez de los instrumentos, además del test de J de Hansen, son testeados por los valores críticos de Stock y Yogo mediante el estadístico Kleibergen-Paap rk Wald F el cual es robusto ante heterocedasticidad.

Cuadro 4.10: Estimación por Sistema MGM (muestra completa)

	MCO Agrupados	MCO FE	SYS- MGM	MCO Agrupados	MCO FE	SYS- MGM
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
I. Regresiones para <i>ich</i> , variable dependiente diferencia del logaritmo						
<i>Ln</i> (PIB rezagado)	-0.201*** (0.043)	-0.686*** (0.065)	-0.619*** (0.107)	-0.201*** (0.048)	-0.688*** (0.068)	-0.472*** (0.114)
<i>Ln</i> (<i>ich</i>)	0.121*** (0.019)	0.066 (0.050)	0.304*** (0.065)	0.069*** (0.019)	0.063 (0.047)	0.138* (0.080)
Controles	No	No	No	Si	Si	Si
Instrumentos			26			50
Hansen J-test			[0.630]			[0.278]
AR(1)			[0.000]			[0.000]
AR(2)			[0.443]			[0.216]
Observaciones	616	616	616	616	616	616
Países	91	91	91	91	91	91
R^2	0.161			0.209		
R^2 within		0.313			0.343	
II. Regresiones para APE, variable dependiente diferencia del logaritmo						
<i>Ln</i> (PIB rezagado)	-0.128*** (0.036)	-0.683*** (0.067)	-0.379*** (0.089)	-0.169*** (0.041)	-0.688*** (0.069)	-0.347*** (0.078)
<i>Ln</i> (APE)	0.360*** (0.071)	-0.239 (0.186)	1.154*** (0.177)	0.196*** (0.054)	-0.304 (0.194)	0.681*** (0.206)
Controles	No	No	No	Si	Si	Si
Instrumentos			26			50
Hansen J-test			[0.287]			[0.673]
AR(1)			[0.000]			[0.001]
AR(2)			[0.282]			[0.163]
Observaciones	616	616	616	616	616	616
Países	91	91	91	91	91	91
R^2	0.115			0.203		
R^2 within		0.311			0.344	

Fuente: calculos propios en base a Indicadores del Banco Mundial, [Feenstra et al. \(2013\)](#), [Barro y Lee \(2013\)](#) y [Teorell et al. \(2013\)](#).

Nota: errores robustos entre paréntesis. La muestra es un panel balanceado que abarca el periodo 1970-2011. Para las regresiones Pooled y efectos fijos los errores son robustos. Para system GMM se emplea two-step y utiliza la corrección [Windmeijer \(2005\)](#) para los errores. En las columnas 4 a 6 las regresiones utilizan como controles los logaritmos de la inversión, crecimiento poblacional, participación del gobierno, inflación, variables institucionales, dummy para países africanos y dummies de tiempo. El rezago del PIB es tratado como una variable predeterminada, mientras *ich*, inversión y crecimiento poblacional como endógenas.

Cuadro 4.11: Análisis de sensibilidad (Diferentes periodos, 1970-1990)

	MCO Agrupados	MCO FE	SYS- MGM	MCO Agrupados	MCO FE	SYS- MGM
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
I. Regresiones para <i>ich</i> , variable dependiente diferencia del logaritmo						
<i>Ln</i> (PIB rezagado)	-0.268*** (0.045)	-0.271 (0.173)	-0.521*** (0.245)	-0.288*** (0.030)	-0.236 (0.212)	-0.292 (0.263)
<i>Ln</i> (<i>ich</i>)	0.147*** (0.020)	-0.161* (0.078)	0.537** (0.247)	0.084*** (0.020)	-0.173* (0.091)	0.031 (0.138)
Controles	No	No	No	Si	Si	Si
Instrumentos			6			20
Hansen J-test			[0.186]			[0.047]
AR(1)			[0.014]			[0.010]
AR(2)			[0.000]			[0.000]
Observaciones	255	255	255	255	255	255
Países	91	91	91	91	91	91
R^2	0.288			0.3736		
R^2 within		0.143			0.1776	
II. Regresiones para APE, variable dependiente diferencia del logaritmo						
<i>Ln</i> (PIB rezagado)	-0.216*** (0.042)	-0.300* (0.174)	-0.647*** (0.111)	-0.269*** (0.046)	-0.265 (0.207)	-0.463* (0.263)
<i>Ln</i> (APE)	0.496*** (0.086)	-0.594 (0.386)	1.584*** (0.211)	0.310*** (0.085)	-0.435 (0.307)	0.758 (0.727)
Controles	No	No	No	Si	Si	Si
Instrumentos			6			20
Hansen J-test			[0.724]			[0.028]
AR(1)			[0.093]			[0.057]
AR(2)			[0.000]			[0.000]
Observaciones	255	255	255	255	255	255
Países	91	91	91	91	91	91
R^2	0.277			0.3916		
R^2 within		0.140			0.1646	

Fuente: calculos propios en base a Indicadores del Banco Mundial, [Feenstra et al. \(2013\)](#), [Barro y Lee \(2013\)](#) y [Teorell et al. \(2013\)](#).

Nota: errores robustos entre paréntesis. La muestra es un panel balanceado que abarca el periodo 1970-2011. Para las regresiones Pooled y efectos fijos los errores son robustos. Para system GMM se emplea two-step y utiliza la corrección [Windmeijer \(2005\)](#) para los errores. En las columnas 4 a 6 las regresiones utilizan como controles los logaritmos de la inversión, crecimiento poblacional, participación del gobierno, inflación, variables institucionales, dummy para países africanos y dummies de tiempo. El rezago del PIB es tratado como una variable predeterminada. *ich*, inversión y crecimiento poblacional como endógenas.

Cuadro 4.12: Análisis de sensibilidad (Diferentes periodos, 1991-2010)

	MCO Agrupados	MCO FE	SYS- MGM	MCO Agrupados	MCO FE	SYS- MGM
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
I. Regresiones para <i>ich</i> , variable dependiente diferencia del logaritmo						
<i>Ln</i> (PIB rezagado)	-0.140*** (0.048)	-1.479*** (0.277)	-1.04*** (0.287)	-0.095*** (0.059)	-1.562*** (0.268)	-0.493* (0.290)
<i>Ln</i> (<i>ich</i>)	0.075*** (0.027)	0.248*** (0.082)	0.566*** (0.174)	0.065* (0.033)	0.254*** (0.082)	0.333 (0.201)
Controles	No	No	No	Si	Si	Si
Instrumentos			8			18
Hansen J-test			[0.333]			[0.351]
AR(1)			[0.047]			[0.026]
AR(2)			[0.000]			[0.000]
Observaciones	271	271	271	271	271	271
Países	91	91	91	91	91	91
R^2	0.0713			0.1236		
R^2 within		0.3482			0.4413	
II. Regresiones para APE, variable dependiente diferencia del logaritmo						
<i>Ln</i> (PIB rezagado)	-0.017 (0.029)	-1.397*** (0.272)	-0.240* (0.132)	-0.001 (0.039)	-1.472*** (0.262)	-0.092 (0.174)
<i>Ln</i> (APE)	-0.046 (0.104)	0.294 (0.337)	1.049* (0.558)	-0.137 (0.109)	0.156 (0.332)	0.412 (0.510)
Controles	No	No	No	Si	Si	Si
Instrumentos			8			18
Hansen J-test			[0.005]			[0.155]
AR(1)			[0.031]			[0.015]
AR(2)			[0.000]			[0.000]
Observaciones	271	271	271	271	271	271
Países	91	91	91	91	91	91
R^2	0.0208			0.1071		
R^2 within		0.3260			0.4185	

Fuente: calculos propios en base a Indicadores del Banco Mundial, [Feenstra et al. \(2013\)](#), [Barro y Lee \(2013\)](#) y [Teorell et al. \(2013\)](#).

Nota: errores robustos entre paréntesis. La muestra es un panel balanceado que abarca el periodo 1970-2011. Para las regresiones Pooled y efectos fijos los errores son robustos. Para system GMM se emplea two-step y utiliza la corrección [Windmeijer \(2005\)](#) para los errores. En las columnas 4 a 6 las regresiones utilizan como controles los logaritmos de la inversión, crecimiento poblacional, participación del gobierno, inflación, variables institucionales, dummy para países africanos y dummies de tiempo. El rezago del PIB es tratado como una variable predeterminada. *ich*, inversión y crecimiento poblacional como endógenas.

Cuadro 4.13: Análisis de sensibilidad (Diferentes muestras)

	MCO Agrupados	MCO FE	SYS- MGM	MCO Agrupados	MCO FE	SYS- MGM
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
I. Regresiones para <i>ich</i> , variable dependiente diferencia del logaritmo						
<i>Ln</i> (PIB rezagado)	-0.140*** (0.048)	-1.479*** (0.277)	-1.04*** (0.287)	-0.095*** (0.059)	-1.562*** (0.268)	-0.493* (0.290)
<i>Ln</i> (<i>ich</i>)	0.075*** (0.027)	0.248*** (0.082)	0.566*** (0.174)	0.065* (0.033)	0.254*** (0.082)	0.333 (0.201)
Controles	No	No	No	Si	Si	Si
Instrumentos			8			18
Hansen J-test			[0.333]			[0.351]
AR(1)			[0.047]			[0.026]
AR(2)			[0.000]			[0.000]
Observaciones	271	271	271	271	271	271
Países	91	91	91	91	91	91
R^2	0.0713			0.1236		
R^2 within		0.3482			0.4413	
II. Regresiones para APE, variable dependiente diferencia del logaritmo						
<i>Ln</i> (PIB rezagado)	-0.017 (0.029)	-1.397*** (0.272)	-0.240* (0.132)	-0.001 (0.039)	-1.472*** (0.262)	-0.092 (0.174)
<i>Ln</i> (APE)	-0.046 (0.104)	0.294 (0.337)	1.049* (0.558)	-0.137 (0.109)	0.156 (0.332)	0.412 (0.510)
Controles	No	No	No	Si	Si	Si
Instrumentos			8			18
Hansen J-test			[0.005]			[0.155]
AR(1)			[0.031]			[0.015]
AR(2)			[0.000]			[0.000]
Observaciones	271	271	271	271	271	271
Países	91	91	91	91	91	91
R^2	0.0208			0.1071		
R^2 within		0.3260			0.4185	

Fuente: calculos propios en base a Indicadores del Banco Mundial, [Feenstra et al. \(2013\)](#), [Barro y Lee \(2013\)](#) y [Teorell et al. \(2013\)](#).

Nota: errores robustos entre paréntesis. La muestra es un panel balanceado que abarca el periodo 1970-2011. Para las regresiones Pooled y efectos fijos los errores son robustos. Para system GMM se emplea two-step y utiliza la corrección [Windmeijer \(2005\)](#) para los errores. En las columnas 4 a 6 las regresiones utilizan como controles los logaritmos de la inversión, crecimiento poblacional, participación del gobierno, inflación, variables institucionales, dummy para países africanos y dummies de tiempo. El rezago del PIB es tratado como una variable predeterminada. *ich*, inversión y crecimiento poblacional como endógenas.

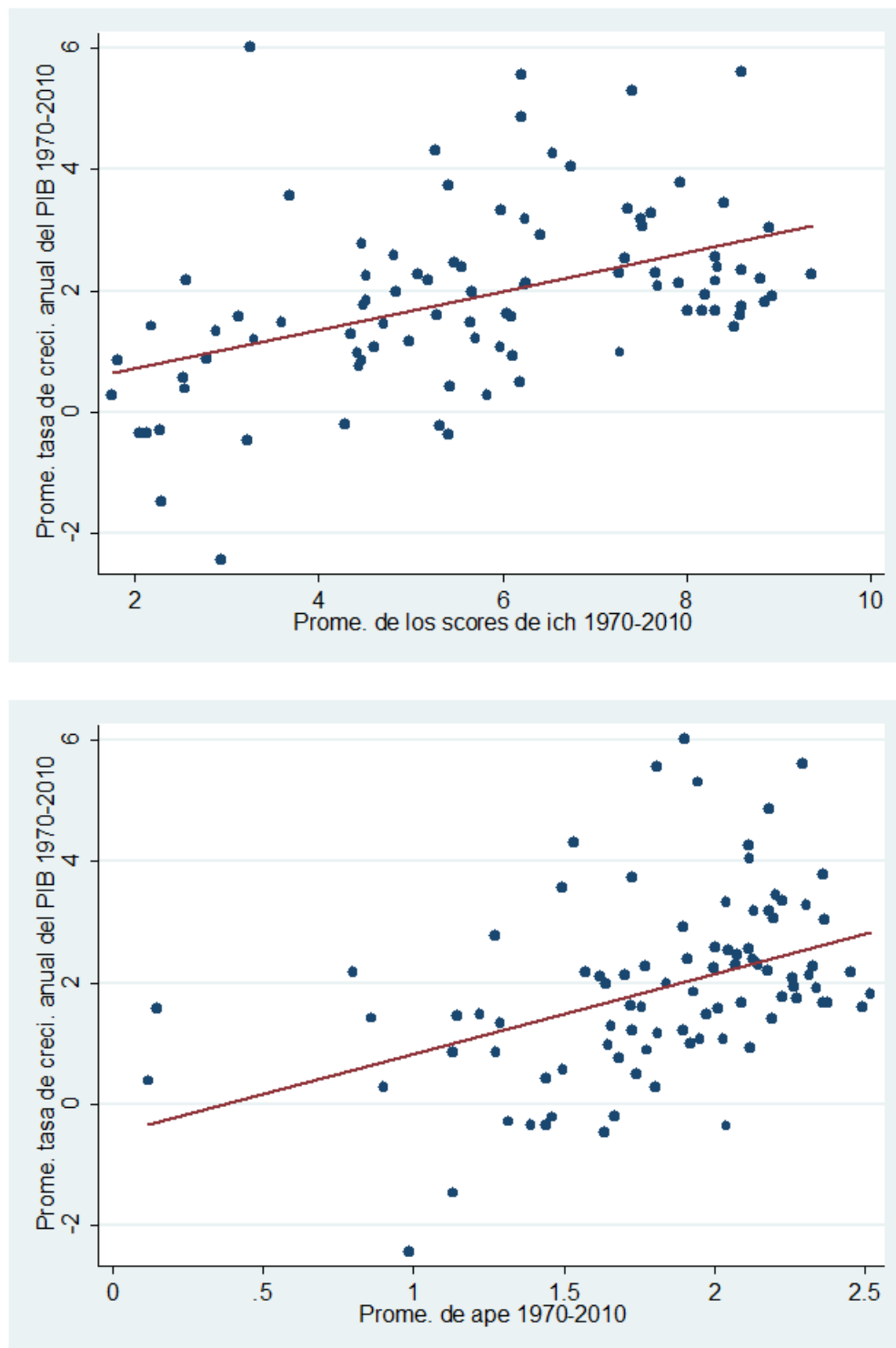


Figura 4.1: Relación entre las variaciones del capital humano y la tasa de crecimiento

Capítulo 5

Conclusiones

El uso empírico de variables educativas como *proxy* del capital humano es tan generalizado que poco se cuestiona sobre la verdadera capacidad de estas variables para abstraer la esencia de este *stock*. La evidencia no siempre ha respaldado la confianza depositada en ellas. El problema radica en suponer que la educación formal es el mayor componente del capital humano relegando la importancia de otros tipos de inversiones a un efecto residual de menor grado. La hipótesis planteada en esta tesis fue que las variables educativas no pueden caracterizar de manera confiable al capital humano dado que, por un lado, esta solo se logra mediante la acción conjunta de diversas variables, cada una actuando sobre una propiedad diferente para formar el cúmulo de cualidades y destrezas de los individuos, y por otro, porque estas variables presentan serias limitaciones en espacio y tiempo.

Para evaluar dicha hipótesis se optó por la construcción de medidas alternativas de capital humano, en las cuales se pudiera incluir el mayor número de variables que se creen están asociadas a este tipo de capital, entre ellas la educación formal. Este proceder permitió evaluar la importancia de los logros educativos como determinante del capital humano en relación con otros tipos de inversión y, al mismo tiempo, observar su tendencia de largo plazo. Pero además, con la obtención de un indicador compuesto creado en el capítulo 3, fue posible comparar su rendimiento con la variable tradicional, años promedio de educación en una aplicación concreta en crecimiento económico.

En el capítulo dos se construyó un indicador basado en una metodología no paramétrica que obtiene valores monetarios del capital humano. La elección del método se basó en que,

primero este descansa sobre las valoraciones hechas por el mercado, lo cual supone que dicho examen se hace sobre un paquete completo de cualidades y destrezas que van más allá de la educación formal. En segundo lugar, el método permite, mediante descomposiciones parciales, saber cuáles variables inciden más sobre la medida, siempre y cuando los datos estén lo suficientemente desagregados y disponibles. Finalmente, porque la metodología ya ha sido aplicada con éxito en varios estudios, principalmente para países desarrollados, lo que permitió realizar comparaciones con los resultados encontrados en este documento.

Un primer examen, mediante descomposiciones parciales, se da evidencia de que efectivamente la educación formal basada en cantidad juega un papel importante dentro de la formación del capital humano incidiendo sobre las trayectorias y niveles efectivos, compensando los efectos negativos del envejecimiento poblacional y evitando de esta manera sendas de insostenibilidad. Sin embargo, tal y como lo señalan los hechos estilizados, los logros educativos pierden dinamismo en el tiempo haciendo que posiblemente los beneficios generados por esta variable se agoten o incluso se entre en una senda de insostenibilidad de largo plazo.

Esta evaluación aunque muy importante, pues muestra los niveles efectivos de capital humano entre países y cómo estos se relacionan con otras medidas (en relación con el PIB o con el capital físico), así como el comportamiento de sus trayectorias, deja algunos vacíos con respecto al verdadero papel de la educación. La metodología solo descompone al *stock* de capital humano en tres elementos (género, edad y educación) y, por lo tanto, no permite endógenamente comparar a la educación con elementos de mayor importancia. No obstante, el índice creado contiene valoraciones hechas por el mercado, reflejadas en las remuneraciones salariales que comprenden un conjunto amplio de características validándolo como insumo para hacer explícito el papel de la educación en un contexto más integral mediante el uso de técnicas indirectas. Se empleó un modelo de datos de panel en el cual se regresó al índice en función de un set de variables de mayor relevancia. Los resultados señalan que la educación formal pierde importancia en la medida en que es controlada por otros factores. Se evidencia que elementos relacionados a la salud de los individuos y los recursos destinados por los hogares inciden más sobre el capital humano.

El capítulo tres se convierte en el principal aporte de la tesis al realizar un análisis más comprensivo del problema. En este no solo se empleó una técnica más sofisticada sino

que además se integró los dos principales enfoques de medición de una manera tal que se incluyen las características esenciales del capital humano: abstracto, multidimensional y direccional. El método tiene la ventaja de obtener los efectos indirectos de las retroalimentaciones que se producen entre variables, pues el modelo es estimado bajo un sistema de ecuaciones. Además se empleó una muestra amplia de países para un periodo de cuarenta años, consiguiendo resultados más confiables al generalizar a un grupo con diferentes niveles de desarrollo. Finalmente, a diferencia de otras técnicas de variables latentes esta permite obtener valores explícitos de los conceptos que tratan de medirse, con lo cual no solo se puede hacer un análisis de largo plazo del capital humano y el comportamiento de los logros educativos al interior del índice, sino que además puede ser utilizado posteriormente en aplicaciones concretas.

Aunque los resultados avalan lo encontrado en el primer capítulo, van más allá en el sentido de evidenciar que la importancia de los logros educativos se relativiza en función de la zona geográfica y del periodo que se está examinando. La evidencia señala que la educación impacta de una manera tal que sus efectos totales son de igual o menor cuantía que otras variables como los recursos destinados por los hogares, la salud o las condiciones socioeconómicas de los países. Estos resultados señalan que cuando los logros educativos son inspeccionados bajo un enfoque multidimensional y de equilibrio pierden protagonismo por cuanto la educación es evaluada en relación con otros factores que influyen directa o indirectamente sobre el capital humano y sobre ella misma.

Un resultado fundamental fue poder demostrar que las variables educativas basadas en cantidad pierden poder de explicación en el largo plazo. En efecto, con la metodología es posible descomponer el aporte que cada variable genera a la varianza explicada del capital humano y ver este comportamiento en el tiempo. Con ello se pudo dilucidar que a partir de los años noventa se inicia un descenso paulatino de la participación de los logros educativos. La dinámica propia de las variables educativas basadas en cantidad y la reducción marginal de los retornos esperados a partir de cierto nivel parecen impactar significativamente en la importancia relativa de los logros educativos. Las grandes inversiones hechas a nivel mundial a partir de los años setentas en términos de cobertura, un aumento significativo de los años promedio de educación, parecen tener una desaceleración en la actualidad, particularmente para los países desarrollados. Mientras estas variables parecen agotar su

expansión se amplían las diferencias en productividad, generación de nuevo conocimiento, resultados académicos, etc. Estas tendencias pueden señalar que en promedio los países están alcanzando puntos en los que la cantidad educativa está agotando su capacidad de expandirse más allá de ciertos umbrales, dada la relación implícita de costo-beneficio, y que, por lo tanto, dada esta base los aumentos marginales del capital humano provienen fundamentalmente de la calidad de esta.

En el capítulo cuatro se evaluó el comportamiento del indicador creado vis a vis los años promedio de educación mediante una aplicación en crecimiento económico. Se sometió a la variable compuesta a un examen empírico para demostrar que en diferentes contextos es capaz de superar los inconvenientes que pueden presentar las variables educativas basadas en cantidad. Además, se evaluó tal como se observó en los capítulos precedentes, si las diferencias por bloques de desarrollo y la pérdida de dinamismo de las variables educativas pueden incidir sobre la capacidad para explicar el comportamiento del crecimiento económico y, de ser así si el indicador creado es capaz de mostrar un mejor rendimiento ante estas situaciones. La evidencia muestra en general, el buen comportamiento de la medida, exhibiendo que es capaz de explicar el crecimiento económico de una manera más robusta y consistente que los años promedio de educación.

Los resultados indican que cuando la variable educativa es analizada para el periodo 1970-1990, esta explica de manera robusta y significativa al crecimiento, corroborando los resultados del capítulo tres, en el que la variable educativa para este periodo no solo es importante para el capital humano, sino que además lo hace de manera creciente. Sin embargo, a partir de la década de los noventa los beneficios generados por la educación se diluyen en las regresiones el coeficiente de esta variable deja de ser significancia e incluso muestra el signo incorrecto. Entre tanto, en general el indicador propuesto parece mostrar un mayor rendimiento. En sección cruzada, al pasar de un periodo a otro, esta variable mantiene su poder de explicación, aunque reduce su impacto en dicha transición. En paneles dinámicos MGM la variable muestra resultados diversos, los cuales pueden ser explicados por dos razones.

En primer lugar, la construcción del indicador implica la utilización de variables que muestran dinámicas parecidas a las educativas, entre ellas los años promedio de educación, lo que le puede estar restando fuerza a otras variables basadas en el rendimiento y

en la calidad del capital humano. En segundo lugar, la técnica emplea es una de las más sensibles a especificaciones, muestra y número de instrumentos utilizados en la literatura econométrica. Los cambios de muestra que inciden sobre el número de instrumentos empleados, parecen afectar los resultados y la identificación de los modelos. En cuanto a la diferenciación por bloques de desarrollo, ambas variables se comportan en general bien ante las diferentes especificaciones, aunque nuevamente el indicador es creado con una mayor magnitud.

La tesis presenta aportes a la literatura en varios aspectos. En primer lugar, es la primera vez que se estudia explícitamente a nivel macroeconómico el papel de la educación formal en la función de producción del capital humano. Si bien la literatura empírica ha tratado de evaluar más componentes, lo ha hecho de manera aislada y, sobre todo para observar sus efectos sobre otras variables. Esta manera de proceder puede darnos señales equivocadas del verdadero valor del capital humano. La acción de este capital depende de la interacción conjunta de las variables que le determinan. En particular, la educación formal por si sola puede transmitir información parcial o distante de lo que se está estudiando, pues al estar supeditada a otras variables su influencia solo puede ser analizada ante la presencia de estas. Al final las diferencias entre productividades entre dos individuos no pueden ser explicadas solo por la acumulación de la educación sino por factores como la salud que dinamizan el potencial de aprovechamiento de este recurso. Los resultados encontrados son una señal para la literatura empírica que emplea desprevénidamente variables basadas en enfoques unidimensionales para examinar los efectos del capital humano sobre otras variables.

En segundo lugar, se aplican métodos alternativos de medición del capital humano. El método prospectivo con una amplia trayectoria y aplicación ha sido utilizado para estudios nacionales y, de manera internacional, para países de la OECD. De esta manera, la aplicación de la técnica para una muestra de diez países latinoamericano constituyó una buena herramienta de contraste y comparabilidad entre dos zonas de diferentes niveles de desarrollo. Entre tanto, no existen antecedentes del uso de modelos de ecuaciones estructurales con una visión macroeconómica con un número tan amplio de países y de diferentes niveles de desarrollo. Aunque en la literatura se han empleado técnicas de variables latentes, a través de componentes principales, estas pueden sesgar los resultados particularmente por los problemas de circularidad presentes.

Otra innovación es que se presenta un modelo que fusiona las dos ramas tradicionales para medir al capital humano, por un lado, los insumos necesarios para la acumulación del capital humano y, por otro, los rendimientos que se generarán. Al mismo tiempo se tiene en cuenta: *i)* el carácter latente de este, pues al ser un concepto abstracto no puede ser medido directamente, *ii)* multidimensional, al incluir el mayor número de variables disponibles a nivel internacional y, *iii)* direccional, dado que el capital humano es estimado bajo la influencia de una serie de variables al tiempo que incide sobre la productividad y la generación de nuevo conocimiento de los individuos.

Una contribución importante es que se pone de manifiesto explícitamente un problema que está presente en las variables educativas basadas en cantidad y que aunque evidente no ha recibido atención. La educación formal tiene un límite, que posiblemente ni siquiera sea alcanzado por los países por razones costo-beneficio, que hace que al aproximarse a él las variables educativas pierdan poder de explicación.

Por último, en este documento se emplearon técnicas estadísticas de frontera que han sido poco exploradas en economía, particularmente en el campo relacionado al capital humano. Este es el caso de PLS-PM, la cual muestra una serie de cualidades que la hacen de gran utilidad para evaluar varias situaciones en economía. De mismo modo, las técnicas para resolver los problemas de endogeneidad presentes en los modelos de crecimiento económico, en particular la metodología propuesta por [Lewbel \(2012\)](#) no presenta ninguna aplicación ni en el campo del capital humano ni en el de crecimiento económico.

Apéndice A

Cuadros

Cuadro A.1: Lista de Países

Alemania	Congo, R. D.	Indonesia	Nueva Zelanda	Túnez
Angola	Corea	Irán	Países Bajos	Turquía
Arabia Saudita	Costa Rica	Iraq	Pakistán	UK
Argelia	Côted'Ivoire	Irlanda	Panamá	Uruguay
Argentina	Dinamarca	Islandia	Paraguay	Venezuela
Australia	Ecuador	Israel	Perú	Vietnam
Austria	Egipto	Italia	Polonia	Zambia
Bahréin	El Salvador	Jamaica	Portugal	Zimbabue
Bangladesh	España	Japón	R. Dominicana	
Bélgica	Estados Unidos	Jordania	Rumania	
Benín	Etiopía	Kenia	Senegal	
Bolivia	Filipinas	Kuwait	Singapur	
Botsuana	Finlandia	Líbano	Siria	
Brasil	Francia	Luxemburgo	Sri Lanka	
Bulgaria	Gabón	Malasia	Sudáfrica	
Camerún	Ghana	Malta	Sudán	
Canadá	Grecia	Marruecos	Suecia	
Chile	Guatemala	México	Suiza	
China	Honduras	Mozambique	Trinidad y Tobago	
Chipre	Hong Kong	Nepal	Tailandia	
Colombia	Hungría	Nigeria	Tanzania	
Congo, República del	India	Noruega	Togo	

Cuadro A.2: Definición de variables y fuentes

Variabes	Definición	Fuente
Agricultura, valor agregado (% del PIB)	El valor agregado es la producción neta de un sector después de sumar todos los productos y restar los insumos intermedios.	Banco Mundial.
Ingreso Nacional Bruto per cápita (Método atlas)	Clasificación de países de ingresos bajos, medios bajo, medios altos y altos.	Banco Mundial.
Tasa de fertilidad, total (nacimientos por cada mujer)	La tasa de fertilidad total representa la cantidad de hijos que tendría una mujer si viviera hasta el final de sus años de fertilidad y tuviera hijos de acuerdo con las tasas de fertilidad actuales específicas por edad.	Banco Mundial.
Esperanza de vida al nacer, total (años)	La esperanza de vida al nacer indica la cantidad de años que viviría un recién nacido si los patrones de mortalidad vigentes al momento de su nacimiento no cambian a lo largo de la vida del infante.	Banco Mundial.
Tasa de mortalidad, menores de 5 años (por cada 1.000)	La tasa de mortalidad de niños menores de cinco años es la probabilidad por cada 1000 nacimientos de que un bebé muera antes de cumplir cinco años, sujeta a las tasas de mortalidad actuales específicas por edad.	Banco Mundial.
Años Promedio de Educación	Logros educativos de la población	Barro y Lee (2013)
Proporción alumnos-maestro, nivel primario.	Proporción de alumnos por docente, educación primaria. Corresponde al número de alumnos matriculados en educación primaria dividido por el número de docentes en dicho nivel.	Banco Mundial.
Consumo de energía eléctrica (kWh per cápita)	El consumo de energía eléctrica mide la producción de las centrales eléctricas y de las plantas de cogeneración menos las pérdidas ocurridas en la transmisión, distribución y transformación y el consumo propio de las plantas de cogeneración.	Banco Mundial.
Solicitudes de patentes, residentes (per cápita)	Solicitudes de patente son las solicitudes de patente presentadas en todo el mundo a través del procedimiento del Tratado de Cooperación en materia de Patentes o en una oficina nacional de patentes por los derechos exclusivos sobre un invento.	Banco Mundial.

Apéndice B

Algoritmo del Modelo PLS-PM

En este apéndice se hace un bosquejo general del algoritmo utilizado por los modelos PLS-PM, el cual está basado en la exposición desarrollada por [Vinzi et al. \(2010\)](#). El objetivo del modelo PLS-PM es la de encontrar la mayor correlación posible entre las variables no observables (variables latentes, VL) al tiempo que estas sean lo más representativas a cada bloque compuesto por las variables observadas (usualmente llamadas indicadores o variables manifiestas, VM).

En concreto, PLS-PM intenta estimar, a través de un sistema de ecuaciones interdependientes bajo regresiones simples y múltiples, la cadena de relaciones entre las variables manifiestas y sus propias variables latentes y entre las variables latentes del modelo.

La representación formal del modelo PLS-PM inicia formando q diferentes bloques para $q = \{1, 2, \dots, Q\}$, cada uno de los cuales representa una variable latente. El q -ésimo bloque genérico contiene p variables observables para $p = \{1, 2, \dots, P\}$ sobre n unidades ($n = 1, \dots, N$).

En un modelo PLS-PM se construye un diagrama de ruta, basado en una cimentación teórica, en el cual se identifican dos tipos de relaciones: En la primera, conocida como modelo de medida o externo, se establece la relación entre las variables manifiestas y la correspondiente variable latente. En la segunda, denominado modelo interno o estructural, se considera la relación causal entre las variables latentes.

Para simplificar la notación las variables latentes serán denotadas con ξ sin distinguir si son endógenas o exógenas. De esta manera, en el modelo estructural las variables latentes ξ_j son modeladas por las siguientes ecuaciones lineales:

$$\xi_j = \beta_{0j} + \sum_{q: \xi_q \rightarrow \xi_j} \beta_{qj} \xi_q + \zeta_j, \quad j = 1, \dots, J \quad (\text{B.1})$$

donde β_{qj} es llamado el coeficiente de ruta o estructural, el cual representa la relación entre la q -ésima variable latente exógena con la j -ésima endógena y ζ_j es el término de error en la relación interna. Este modelo está sujeto a hipótesis de especificación, la cual implica cero correlaciones entre los residuales y las variables latentes:

$$E(\zeta_j / \xi_j, \xi_i) = 0 \quad (\text{B.2})$$

Por otra parte, la formulación del modelo de medida en un bloque determinado depende de la naturaleza de la relación entre la variable latente y sus variables manifiestas utilizadas para su medición. Existen dos importantes opciones de medida conocidos como: modelos reflectivos y formativos.

En un modelo reflectivo las variables manifiestas ubicadas en un determinado bloque se consideran resultado de la misma variable latente, y por lo tanto, estas variables deberían covariar¹. En este modelo las variables manifiestas hacen el papel de variables endógenas mediante la siguiente especificación lineal:

$$x_{pq} = \lambda_{p0} + \lambda_{pq} \xi_q + \varepsilon_{pq} \quad (\text{B.3})$$

donde los coeficientes λ_{pq} son llamados cargas y el término de error ε_{pq} representa los residuales. Un supuesto detrás de este modelo es que el error ε_{pq} tiene media cero y no está correlacionado con la variable latente del mismo bloque:

¹ Por lo tanto, un test de consistencia interna tiene que ser comprobado, conocido unidimensionalidad. La unidimensionalidad implica que un solo rasgo latente o constructo se encuentra en la base de un conjunto de indicadores. En otras palabras, un instrumento será unidimensional si las respuestas dadas a él son producidas en base a un único atributo. Con esto lo que se quiere lograr es que la mayor cantidad de la varianza observada en las repuestas a los indicadores sea explicada por un solo atributo latente.

$$E(x_{pq}/\xi_q) = \lambda_{p0} + \lambda_{pq}\xi_q \quad (\text{B.4})$$

Por su parte, en un modelo formativo, la variable latente del q -ésimo bloque surge como resultado de sus variables manifiestas. De esta manera la VL es estimada como resultado de la combinación lineal de sus VM's, x_{pq} , cada una de ellas representando una dimensión diferente del concepto subyacente:

$$\xi_q = \sum_{p=1}^{P_q} \omega_{pq}x_{pq} + \delta_q \quad (\text{B.5})$$

donde ω_{pq} es el coeficiente que conecta cada variable manifiesta a la correspondiente variable latente y δ_q es el término de error. Este modelo asume especificación del predictor, es decir:

$$E(\xi_q/x_{pq}) = \sum_{p=1}^{P_q} \omega_{pq}x_{pq} \quad (\text{B.6})$$

lo cual significa que los residuales tienen media cero y no están correlacionados con las VMs: $E(\delta_q/x_{pq}) = E(\xi_q\delta_q) = 0$.

Para hacer operativo la estimación, e independientemente del modelo de medida utilizado, el algoritmo inicia con una primera aproximación de la q -ésima variable latente v_q como la suma ponderada de sus las variables manifiestas x_{pq} , asignado valores arbitrarios a las ponderaciones w_{pq} , conocidos como pesos externos,

$$v_q \propto \pm \sum_{p=1}^{P_q} w_{pq}x_{pq} = \pm X_q w_q$$

donde se usa el símbolo de proporcionalidad $\propto$ para indicar que los *scores* de v_q depende de sus variables manifiestas X_q . El símbolo $\pm$ representa la ambigüedad que se representa cuando no todas las variables incorporadas en un bloque comparten el mismo signo. El algoritmo escoge el signo para el cual la mayoría de las X_q estén positivamente correlacionadas con v_q

$$\text{signo} \left[\sum_q \text{signo} \{ \text{cor}(X_q, v_q) \} \right]$$

Luego de conseguir los *scores* iniciales, las variables latentes son luego recalculadas con la ayuda del modelo interno. En este paso los *scores* de la q -ésima variable latente son estimados como una combinación lineal de sus j -ésimas variables latentes asociadas de acuerdo al modelo interno

$$\vartheta_q \propto \sum_{j=1}^J e_{qj} v_j$$

donde e_{qj} son los pesos internos. Para estimar e_{qj} se dispone de varios esquemas: centroide, factorial o esquema de ruta. En la práctica estos tipos de estimación rinden los mismos resultados, pero es común utilizar el esquema centroide, el cual considera la dirección del signo de las correlaciones entre una VL y sus VL's adyacentes:

$$e_{qj} = \text{signo} [\text{cor}(v_q, v_j)]$$

Una vez la aproximación interna es hecha, los *scores* ϑ_q son utilizados en los modelos externos para actualizar los pesos w_{pq} . Para ello, existen dos modos diferentes de actualizar dichos pesos usualmente relacionados a las dos clases de modelos de medida (es decir, el esquema formativo o el reflectivo):

- Modo A: cada peso externo w_{pq} es el coeficiente de regresión en una regresión simple de cada VM (x_{pq}) con la estimación interna de su respectiva variable latente ϑ_q .

$$w_{pq} = \left(\vartheta_q' \vartheta_q \right)^{-1} \vartheta_q' x_{pq}$$

- Modo B: en los bloques formativos se obtiene un vector de pesos w_{pq} mediante una regresión múltiple de la variable latente ϑ_q sobre sus variables manifiestas estandarizadas X_q

$$w_q = \left(\frac{X_q' X_q}{N} \right)^{-1} \left(\frac{X_q' \vartheta_q}{N} \right)$$

El algoritmo se repite hasta alcanzar cierto criterio de convergencia, comúnmente establecido por $|w_{pq}^s - w_{pq}^{s-1}| < 10^{-5}$ donde w es el peso externo en la iteración $s = 1, 2, 3, \dots$

Finalmente, después de la convergencia, para cada bloque los *scores* de las variables latentes son calculados como la suma ponderada de las variables manifiestas

$$\hat{\xi}_q \propto X_q w_q$$

y los coeficientes estructurales son estimados a través de una regresión múltiple entre $\hat{\xi}_j$ y sus variables latentes asociadas $\hat{\xi}_i$:

$$\beta_j = \left(\hat{\xi}_i' \hat{\xi}_i \right)^{-1} \hat{\xi}_i' \hat{\xi}_j$$

Bibliografía

- Abowd, J. M., Haltiwanger, J., Jarmin, R., Lane, J., Lenger mann, P., McCue, K., McKinney, K., y Sandusky, K. (2005). The relation among human capital, productivity, and market value: Building up from micro evidence. In *Measuring capital in the new economy*, pages 153–204. University of Chicago Press.
- Aghion, P. y Durlauf, S. N. (2005). *Handbook of economic growth*, volume 1. Elsevier.
- Aghion, P., Howitt, P., y Mur tin, F. (2010). The relationship between health and growth: when lucas meets nelson-phelps. Technical report, National Bureau of Economic Research.
- Agiomirgianakis, G., Asteriou, D., y Monastiriotis, V. (2002). Growth effects of human capital and stages of economic development: a panel data investigation of different country experiences. *The IUP Journal of Applied Economics*, 1(1):31–47.
- Ahlroth, S., Björklund, A., y Forslund, A. (1997). The output of the swedish education sector. *Review of Income and Wealth*, 43(1):89–104.
- Alonso-Borrego, C. y Arellano, M. (1999). Symmetrically normalized instrumental-variable estimation using panel data. *Journal of Business & Economic Statistics*, 17(1):36–49.
- Alter, G. (2004). Height, frailty, and the standard of living: Modelling the effects of diet and disease on declining mortality and increasing height. *Population Studies*, 58(3):265–279.
- Altinok, N. y Murseli, H. (2007). International database on human capital quality. *Economics Letters*, 96(2):237–244.

- Ang, J. B., Madsen, J. B., y Islam, M. R. (2011). The effects of human capital composition on technological convergence. *Journal of Macroeconomics*, 33(3):465–476.
- Angrist, J. D., Lavy, V., y Schlosser, A. (2005). New evidence on the causal link between the quantity and quality of children. Technical report, National Bureau of Economic Research.
- Apergis, N., Economidou, C., y Filippidis, I. (2009). International technology spillovers, human capital and productivity linkages: evidence from the industrial sector. *Empirica*, 36(4):365–387.
- Arellano, M. y Bond, S. (1991). Some tests of specification for panel data: Monte carlo evidence and an application to employment equations. *The review of economic studies*, 58(2):277–297.
- Arellano, M. y Bover, O. (1995). Another look at the instrumental variable estimation of error-components models. *Journal of econometrics*, 68(1):29–51.
- Azariadis, C. y Drazen, A. (1990). Threshold externalities in economic development. *The Quarterly Journal of Economics*, pages 501–526.
- Azlina, A. (2012). Energy consumption and economic development in malaysia: A multi-variate cointegration analysis. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 65:674–681.
- Barclay, D., Higgins, C., y Thompson, R. (1995). The partial least squares (pls) approach to causal modeling: Personal computer adoption and use as an illustration. *Technology studies*, 2(2):285–309.
- Barro, R. J. (1991). Economic growth in a cross section of countries. *Quarterly Journal of Economics*, 106:407–443.
- Barro, R. J. (2001). Education and economic growth. *The contribution of human and social capital to sustained economic growth and well-being*, pages 13–41.
- Barro, R. J. (2002). *Education as a determinant of economic growth*. Hoover Institution Press, Stanford.

- Barro, R. J. y Lee, J.-W. (1993). International comparisons of educational attainment. *Journal of monetary economics*, 32(3):363–394.
- Barro, R. J. y Lee, J. W. (2013). A new data set of educational attainment in the world, 1950–2010. *Journal of development economics*, 104:184–198.
- Baum, C. F. y Schaffer, M. E. (2014). Ivreg2h: Stata module to perform instrumental variables estimation using heteroskedasticity-based instruments. *Statistical Software Components*.
- Baum, C. F., Schaffer, M. E., Stillman, S., et al. (2003). Instrumental variables and gmm: Estimation and testing. *Stata journal*, 3(1):1–31.
- Becker, G. S. (1964). *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education*, by Gary S. Becker,... London.
- Benhabib, J. y Spiegel, M. M. (1994). The role of human capital in economic development evidence from aggregate cross-country data. *Journal of Monetary economics*, 34(2):143–173.
- Benitez-Silva, H. y Ni, H. (2008). Health status and health dynamics in an empirical model of expected longevity. *Journal of health economics*, 27(3):564–584.
- Bils, M. y Klenow, P. J. (2000). Does schooling cause growth? *American economic review*, pages 1160–1183.
- Black, S. E., Devereux, P. J., y Salvanes, K. G. (2005). The more the merrier? the effect of family size and birth order on children's education. *The Quarterly Journal of Economics*, pages 669–700.
- Bloom, D. E. y Canning, D. (2008). Population health and economic growth. *Health and growth*, page 53.
- Blundell, R. y Bond, S. (1998). Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. *Journal of econometrics*, 87(1):115–143.

- Bond, S. R., Hoeffler, A., y Temple, J. R. (2001). Gmm estimation of empirical growth models.
- Boomsma, A. y Hoogland, J. J. (2001). The robustness of lisrel modeling revisited. *Structural equation models: Present and future. A Festschrift in honor of Karl Jöreskog*, pages 139–168.
- Bowles, S., Gintis, H., y Osborne, M. (2001). The determinants of earnings: A behavioral approach. *Journal of Economic Literature*, pages 1137–1176.
- Brumm, H. J. (1997). Military spending, government disarray, and economic growth: a cross-country empirical analysis. *Journal of Macroeconomics*, 19(4):827–838.
- Caceres, J. (2004). Impact of family size on investment in child quality: Multiple births as natural experiment. *Unpublished manuscript, Department of Economics, University of Maryland, Baltimore, MD*.
- Carmines, E. G. y Zeller, R. A. (1979). *Reliability and validity assessment*, volume 17. Sage publications.
- Cassel, C., Hackl, P., y Westlund, A. H. (1999). Robustness of partial least-squares method for estimating latent variable quality structures. *Journal of applied statistics*, 26(4):435–446.
- Cavusoglu, N. (2012). Lisrel growth model on direct and indirect effects using cross-country data. *Economic Modelling*, 29(6):2362–2370.
- Cawley, J. y Ruhm, C. J. (2011). The economics of risky health behaviors¹. *Handbook of health economics*, 2:95.
- Chin, W. W. (1998). The partial least squares approach to structural equation modeling. *Modern methods for business research*, 295(2):295–336.
- Christian, M. (2011). Human capital accounting in the united states: Context, measurement, and application. *Wisconsin Center for Education Research, Madison, USA*.

- Cohen, D. y Soto, M. (2007). Growth and human capital: good data, good results. *Journal of economic growth*, 12(1):51–76.
- Cohen, W. M. y Klepper, S. (1996). A reprise of size and r & d. *The Economic Journal*, pages 925–951.
- Coremberg, A. (2010). The economic value of human capital and education in an unstable economy: Argentina. *Paper Prepared for the 31st General Conference of The International Association for Research in Income and Wealth*.
- Cunha, F. y Heckman, J. (2007). The technology of skill formation. Technical report, National Bureau of Economic Research.
- Cunha, F., Heckman, J. J., y Schennach, S. M. (2010). Estimating the technology of cognitive and noncognitive skill formation. *Econometrica*, 78(3):883–931.
- Cutler, D. M. y Lleras-Muney, A. (2006). Education and health: evaluating theories and evidence. Technical report, National Bureau of Economic Research.
- Dagum, C. y Slottje, D. J. (2000). A new method to estimate the level and distribution of household human capital with application. *Structural change and economic dynamics*, 11(1):67–94.
- De Rassenfosse, G. y de la Potterie, B. v. P. (2009). A policy insight into the r&d–patent relationship. *Research Policy*, 38(5):779–792.
- Diewert, W. E. (1976). Exact and superlative index numbers. *Journal of econometrics*, 4(2):115–145.
- Doppelhofer, G., Miller, R. I., y Sala-i Martin, X. (2000). Determinants of long-term growth: A bayesian averaging of classical estimates (bace) approach. Technical report, National bureau of economic research.
- Doyle, O., Harmon, C. P., Heckman, J. J., y Tremblay, R. E. (2009). Investing in early human development: timing and economic efficiency. *Economics & Human Biology*, 7(1):1–6.

- Durlauf, S. N., Johnson, P. A., y Temple, J. R. (2005). Growth econometrics. *Handbook of economic growth*, 1:555–677.
- Easterly, W., Levine, R., et al. (2002). It's not factor accumulation: stylized facts and growth models.
- Eide, E. R. y Showalter, M. H. (2011). Estimating the relation between health and education: What do we know and what do we need to know? *Economics of Education Review*, 30(5):778–791.
- Ervik, A. O., Holmøy, E., y Hægeland, T. (2003). A theory-based measure of the output of the education sector.
- Falk, R. F. y Miller, N. B. (1992). *A primer for soft modeling*. University of Akron Press.
- Feenstra, R. C., Inklaar, R., y Timmer, M. (2013). The next generation of the penn world table. Technical report, National Bureau of Economic Research.
- Feenstra, R. C., Lipsey, R. E., Deng, H., Ma, A. C., y Mo, H. (2005). World trade flows: 1962-2000. Technical report, National Bureau of Economic Research.
- Finn, J. D. y Achilles, C. M. (1999). Tennessee's class size study: Findings, implications, misconceptions. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 21(2):97–109.
- Folloni, G. y Vittadini, G. (2010). Human capital measurement: a survey. *Journal of Economic Surveys*, 24(2):248–279.
- Fornell, C. y Bookstein, F. L. (1982). Two structural equation models: Lisrel and pls applied to consumer exit-voice theory. *Journal of Marketing research*, pages 440–452.
- Fornell, C. y Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of marketing research*, pages 39–50.
- Galor, O. y Weil, D. N. (2000). Population, technology, and growth: From malthusian stagnation to the demographic transition and beyond. *American economic review*, pages 806–828.

- Gardner, B. L. (2000). Economic growth and low incomes in agriculture. *American Journal of Agricultural Economics*, pages 1059–1074.
- Gasparini, L., Gutiérrez, F., y Tornarolli, L. (2007). Growth and income poverty in latin america and the caribbean: evidence from household surveys. *Review of Income and Wealth*, 53(2):209–245.
- Gasparini, L., Marchionni, M., y Sosa Escudero, W. (2001). La distribución del ingreso en la argentina. Technical report, Centro de Estudios Distributivos, Laborales y Sociales (CEDLAS).
- Gefen, D., Straub, D., y Boudreau, M.-C. (2000). Structural equation modeling and regression: Guidelines for research practice. *Communications of the association for information systems*, 4(1):7.
- Gemmell, N. (1996). Evaluating the impacts of human capital stocks and accumulation on economic growth: Some new evidence. *Oxford bulletin of economics and statistics*, 58(1):9–28.
- Gemmell, N., Lloyd, T., y Mathew, M. (2000). Agricultural growth and inter-sectoral linkages in a developing economy. *Journal of Agricultural Economics*, 51(3):353–370.
- Glewwe, P., Maïga, E., y Zheng, H. (2014). The contribution of education to economic growth: a review of the evidence, with special attention and an application to sub-saharan africa. *World Development*, 59:379–393.
- Goldin, C. y Katz, L. F. (2001). The legacy of us educational leadership: Notes on distribution and economic growth in the 20th century. *American Economic Review*, pages 18–23.
- Graff, M. y Karmann, A. (2001). Does financial activity cause economic growth?
- Grossman, M. (2008). The relationship between health and schooling. *Eastern Economic Journal*, 34(3):281–292.

- Gu, W. y Wong, A. (2008). Human development and its contribution to the wealth accounts in canada. In *Fondazione Giovanni Agnelli/OECD Workshop on the Measurement of Human Capital, Turin, Italy, November*, volume 3.
- Gu, W. y Wong, A. (2010). Estimates of human capital in canada: The lifetime income approach. *Available at SSRN 1711935*.
- Guerriero, M. (2012). The labour share of income around the world. evidence from a panel dataset. *Development Economics and Public Policy Working Paper*, 32:2012.
- Gyimah-Brempong, K., Paddison, O., y Mitiku, W. (2006). Higher education and economic growth in africa. *The Journal of Development Studies*, 42(03):509–529.
- Hanushek, E. A. (2013). Economic growth in developing countries: The role of human capital. *Economics of Education Review*, 37:204–212.
- Hanushek, E. A. y Kimko, D. D. (2000). Schooling, labor-force quality, and the growth of nations. *American economic review*, pages 1184–1208.
- Hanushek, E. A. y Woessmann, L. (2008). The role of cognitive skills in economic development. *Journal of economic literature*, pages 607–668.
- Hanushek, E. A. y Woessmann, L. (2012). Do better schools lead to more growth? cognitive skills, economic outcomes, and causation. *Journal of Economic Growth*, 17(4):267–321.
- Hattie, J. (2005). The paradox of reducing class size and improving learning outcomes. *International Journal of Educational Research*, 43(6):387–425.
- Heckman, J. J., Stixrud, J., y Urzua, S. (2006). The effects of cognitive and noncognitive abilities on labor market outcomes and social behavior. Technical report, National Bureau of Economic Research.
- Henseler, J., Ringle, C. M., y Sinkovics, R. R. (2009). The use of partial least squares path modeling in international marketing.
- Hoeffler, A. (2002). The augmented solow model and the african growth debate. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 64(2):135–158.

- Jayachandran, S. y Lleras-Muney, A. (2008). Life expectancy and human capital investments: Evidence from maternal mortality declines. Technical report, National bureau of economic research.
- Jones, G. (2008). Cognitive ability and technology diffusion: An empirical test. In *American Economic Association Annual Meeting*.
- Jones, G. y Schneider, W. J. (2006). Intelligence, human capital, and economic growth: A bayesian averaging of classical estimates (bace) approach. *Journal of economic growth*, 11(1):71–93.
- Jones, R. y Chiripanhura, B. (2010). Measuring the uk’s human capital stock. *Economic & Labour Market Review*, 4(11):33.
- Jorgenson, D. y Fraumeni, B. M. (1989). The accumulation of human and nonhuman capital, 1948-84. In *The measurement of saving, investment, and wealth*, pages 227–286. University of Chicago Press, 1989.
- Jorgenson, D. W. y Fraumeni, B. M. (1992). The output of the education sector. In *Output measurement in the service sectors*, pages 303–341. University of Chicago Press.
- Kleibergen, F. y Paap, R. (2006). Generalized reduced rank tests using the singular value decomposition. *Journal of econometrics*, 133(1):97–126.
- Kyriacou, G. A. (1991). *Level and growth effects of human capital: a cross-country study of the convergence hypothesis*. CV Starr Center for Applied Economics.
- Lanjouw, J. O. y Schankerman, M. (2004). Patent quality and research productivity: Measuring innovation with multiple indicators*. *The Economic Journal*, 114(495):441–465.
- Laroche, M., Mérette, M., y Ruggeri, G. (1999). On the concept and dimensions of human capital in a knowledge-based economy context. *Canadian Public Policy/Analyse de Politiques*, pages 87–100.
- Lau, L. J., Jamison, D. T., y Louat, F. F. (1991). *Education and productivity in developing countries: An aggregate production function approach*, volume 612. World Bank Publications.

- Laverde, H. (2015). *Educación y su Relación con el Capital Humano: Análisis a través de los Métodos de Medición*. PhD thesis, Universidad de la Plata.
- Le, T., Gibson, J., y Oxley, L. (2003). Cost-and income-based measures of human capital. *Journal of economic surveys*, 17(3):271–307.
- Lee, J.-W. y Barro, R. J. (2001). Schooling quality in a cross-section of countries. *Economica*, 68(272):465–488.
- Levine, R. y Renelt, D. (1992). A sensitivity analysis of cross-country growth regressions. *The American economic review*, pages 942–963.
- Lewbel, A. (2012). Using heteroscedasticity to identify and estimate mismeasured and endogenous regressor models. *Journal of Business & Economic Statistics*, 30(1).
- Li, H., Liang, Y., Fraumeni, B. M., Liu, Z., y Wang, X. (2013). Human capital in china, 1985–2008. *Review of Income and Wealth*, 59(2):212–234.
- Liu, G. (2011). Measuring the stock of human capital for comparative analysis: an application of the lifetime income approach to selected countries. Technical report, OECD Publishing.
- Liu, G. y Greaker, M. (2009). Measuring the stock of human capital for norway—a lifetime labour income approach, documents, 2009/12. *Statistics Norway*.
- Löhmoller, J. (1989). Latent variable path modeling with partial least squares. *Heidelberg: Physica-Verlag*.
- Lucas, R. (1998). On the mechanics of economic development. *ECONOMETRIC SOCIETY MONOGRAPHS*, 29:61–70.
- Lucas, R. E. (1990). Why doesn't capital flow from rich to poor countries? *The American Economic Review*, pages 92–96.
- Madsen, J. B., Islam, M., Ang, J. B., et al. (2010). Catching up to the technology frontier: the dichotomy between innovation and imitation. *Canadian Journal of Economics/Revue canadienne d'économique*, 43(4):1389–1411.

- Mankiw, N. G., Romer, D., y Weil, D. N. (1990). A contribution to the empirics of economic growth. Technical report, National Bureau of Economic Research.
- McMahon, W. W. (1998). Education and growth in east asia. *Economics of Education Review*, 17(2):159–172.
- Messinis, G. y Ahmed, A. D. (2013). Cognitive skills, innovation and technology diffusion. *Economic Modelling*, 30:565–578.
- Mincer, J. (1974). Schooling, experience, and earnings. human behavior & social institutions no. 2.
- Mundlak, Y., Larson, D., y Butzer, R. (2004). Agricultural dynamics in thailand, indonesia and the philippines. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 48(1):95–126.
- Murray, M. P. (2006). Avoiding invalid instruments and coping with weak instruments. *The journal of economic perspectives*, 20(4):111–132.
- Nehru, V., Swanson, E., y Dubey, A. (1995). A new database on human capital stock in developing and industrial countries: Sources, methodology, and results. *Journal of development Economics*, 46(2):379–401.
- Petrakis, P. E. y Stamatakis, D. (2002). Growth and educational levels: a comparative analysis. *Economics of Education Review*, 21(5):513–521.
- Piketty, T. (2014). Capital in the 21st century. *Cambridge: Harvard Uni.*
- Pritchett, L. (2001). Where has all the education gone? *The World Bank Economic Review*, 15(3):367–391.
- Psacharopoulos, G. (1994). Returns to investment in education: A global update. *World development*, 22(9):1325–1343.
- Psacharopoulos, G. y Arriagada, A. M. (1986). Educational composition of the labour force: An international comparison, the. *Int'l Lab. Rev.*, 125:561.

- Rensman, M. (2013). Human capital in the netherlands. Technical report, Internal report, National Accounts Department, Statistics Netherlands, The Hague.
- Romer, P. M. (1990). Human capital and growth: theory and evidence. In *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, volume 32, pages 251–286. Elsevier.
- Roodman, D. (2006). How to do xtabond2: An introduction to difference and system gmm in stata. *Center for Global Development working paper*, (103).
- Roodman, D. (2009). A note on the theme of too many instruments*. *Oxford Bulletin of Economics and statistics*, 71(1):135–158.
- Rosenzweig, M. R. (1986). Birth spacing and sibling inequality: Asymmetric information within the family. *International Economic Review*, pages 55–76.
- Rosenzweig, M. R. y Zhang, J. (2009). Do population control policies induce more human capital investment? twins, birth weight and china's one-child policy. *The Review of Economic Studies*, 76(3):1149–1174.
- Sanchez, G. (2009). Pathmox approach: segmentation trees in partial least squares path modeling. *Unpublished doctoral dissertation. Universitat Politècnica de Catalunya*.
- Schultz, T. W. (1961). Investment in human capital. *The American economic review*, pages 1–17.
- Seetanah, B. (2009). The economic importance of education: Evidence from africa using dynamic panel data analysis. *Journal of Applied Economics*, 12(1):137–157.
- Smith, A. (1937). *The wealth of nations [1776]*. na.
- Stern, D. y Cleveland, C. (2004). Energy and economic growth. rensselaer polytechnic institute. Technical report, Rensselaer Working Papers in Economics.
- Stock, J. H., Wright, J. H., y Yogo, M. (2002). A survey of weak instruments and weak identification in generalized method of moments. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(4).

- Temel, T. (2011). Family size, human capital and growth: structural path analysis of rwanda.
- Tenenhaus, M., Vinzi, V. E., Chatelin, Y.-M., y Lauro, C. (2005). Pls path modeling. *Computational statistics & data analysis*, 48(1):159–205.
- Teorell, J., Charron, N., Dahlberg, S., Holmberg, S., Rothstein, B., Sundin, P., y Svensson, R. (2013). The quality of government dataset, version 20dec13. university of gothenburg: The quality of government institute.
- Tiffin, R. y Irz, X. (2006). Is agriculture the engine of growth? *Agricultural Economics*, 35(1):79–89.
- Tsakok, I. y Gardner, B. (2007). Agriculture in economic development: primary engine of growth or chicken and egg? *American Journal of Agricultural Economics*, 89(5):1145–1151.
- Vinzi, V. E., Trinchera, L., y Amato, S. (2010). Pls path modeling: from foundations to recent developments and open issues for model assessment and improvement. In *Handbook of partial least squares*, pages 47–82. Springer.
- Wei, H. (2004). Measuring the stock of human capital for australia. *Australian Bureau of Statistics working paper*.
- Wei, H. (2008a). *Developments in the estimation of the value of human capital for Australia*. International Association for Official Statistics.
- Wei, H. (2008b). Measuring human capital flows for australia: a lifetime labour income approach.
- Windmeijer, F. (2005). A finite sample correction for the variance of linear efficient two-step gmm estimators. *Journal of econometrics*, 126(1):25–51.
- Wold, H. (1982). Soft modelling: the basic design and some extensions. *Systems under indirect observation, Part II*, pages 36–37.

- Wolff, E. N. (2000). Human capital investment and economic growth: exploring the cross-country evidence. *Structural Change and Economic Dynamics*, 11(4):433–472.
- Wößmann, L. (2003). Specifying human capital. *Journal of economic surveys*, 17(3):239–270.
- Yoo, S.-H. (2006). The causal relationship between electricity consumption and economic growth in the asean countries. *Energy Policy*, 34(18):3573–3582.